Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Mathematisch-physikalische Classe.

Sitzung vom 21. April 1866.

Der Classensecretär Herr von Martius macht folgende Mittheilung aus einem Schreiben des auswärtigen Mitgliedes Hrn. v. Bär, d. d. St. Petersburg 24. März/5. April 1866.

Der königlichen Akademie zu München wird es wohl von Interesse sein zu erfahren, dass wieder ein vollständiges Mammuth, mit vollständiger Behaarung, und dann ohne Zweifel auch mit Erhaltung seiner innern Theile, im Eisboden Sibiriens aufgefunden ist. Es soll in der Nähe der Tas-Bucht, eines östlichen Armes der Obischen Bucht, sich gezeigt haben.

Ich erhielt darüber die Anzeige aus Barnaul am Schlusse

des vorigen Jahres, obgleich das Thier schon im Jahre 1864 von einem Samojeden aufgefunden wurde.

Dennoch hat die hiesige Akademie nicht unterlassen wollen, einen Naturforscher, und zwar den als Geologen wohlbekannten Magister Friedrich Schmidt dahin abzusenden, welcher wo möglich mit dem Eintritte des dortigen Frühlings bei diesem Gaste aus der Vorwelt ankommen soll. Die Akademie hofft, dass es ihr gelingen werde, aus dem Inhalte des Magens die Nahrung des Thieres zu bestimmen, aber auch die gesammte Gestaltung desselben und besonders die Art der Behaarung bei dieser Gelegenheit näher kennen zu lernen, als es durch Adams geschehen konnte, der das lange Haar schon ausgefallen und das Thier überhaupt so angegriffen fand, dass er nicht einmal die Spur des Rüssels erkennen konnte. — Für jetzt kann ich nur die Anzeige von der erhaltenen Anzeige machen. Eine umständlichere Notiz über die eingegangenen Nachrichten und über die ergriffenen Maassregeln, sowie über die Gesichtspunkte für die Untersuchung des Thieres und seiner Lagerstätte ist von mir abgefasst und bereits dem Drucke übergeben. Ich werde die Ehre haben, sie zu übersenden. Eine Nachricht aber: in welchem Zustande man das Thier gefunden hat, und welche Resultate die Untersuchung lieferte, kann erst nach Verlauf von mehreren Monaten eingehen.

Bis dahin habe ich nicht warten wollen, ohne meinen geehrten Collegen in München eine vorläufige Nachricht zu geben.

Herr Nägeli reicht einen Aufsatz ein:

„Ueber die systematische Behandlung der Hieracien rücksichtlich des Umfanges der Species".

Ich habe in meiner Mittheilung vom 10. März die systematische Behandlung der Gattung Hieracium erörtert, insoferne es die Unterscheidung von Haupt- und Zwischenformen betrifft. Eine andere Frage ist die, wie weit der Begriff der Art gefasst werden soll? Welche Hauptformen und welche Zwischenformen als Species getrennt, welche als als Varietäten in eine Species vereinigt werden müssen.

Hieracium Pilosella, H. Hoppeanum, H. Peleterianum, H. Pseudopilosella sind Hauptformen, keine derselben kann als Zwischenform irgend welcher anderer Formen angesehen werden. Sollen wir sie als ebenso viele Arten, oder als Varietäten Einer Art aufführen? Sollen wir Hieracium murorum und H. vulgatum, um anderer verwandter Formen nicht zu erwähnen, spezifisch trennen oder vereinigen? Sind Hieracium Auricula und H. glaciale, H. amplexicaule und H. pulmonarioides, H. boreale und H. sabaudum als Species oder als Varietäten zu betrachten?

Dass die Zwischenformen nicht als Varietäten den Hauptformen untergeordnet werden dürfen, sondern dass sie denselben coordinirt werden müssen, habe ich in meiner frühern Mittheilung nachgewiesen. Allein nun frägt es sich ferner, wie sie mit Rücksicht auf ihr gegenseitiges Verhältniss zu behandeln seien, und zwar in doppelter Beziehung:

1) Zwischen 2 Hauptformen giebt es mehrere Zwischenformen; sollen dieselben als eine oder als mehrere Arten aufgeführt werden? Hieracium albidum und H. prenan-

thoides sind durch eine Reihe wenig bekannter Zwischenformen verbunden. Ist die ganze Reihe als eine Species zu behandeln oder in mehrere zu trennen? Wie ist es mit den Zwischenformen von H. murorum und H. alpinum, H. murorum und H. villosum, H. Pilosella und H. praealtum etc. zu halten? Die Autoren haben diese Zwischenglieder bald als eine, bald als zwei und drei Arten aufgezählt.

2) Zwischen zwei Hauptformen, die als Arten getrennt werden, aber einander sehr nahe stehen, und einer dritten Hauptart giebt es Zwischenformen; sollen dieselben spezifisch getrennt oder vereinigt werden? Die Zwischenform von H. Auricula und H. aurantiacum ist derjenigen von H. glaciale und H. aurantiacum sehr ähnlich. Die Zwischenform von H. Pilosella und H. pratense steht derjenigen von H. Pilosella und H. aurantiacum habituell und in den Merkmalen sehr nahe. Sind dieselben als zwei Arten, oder als zwei Varietäten Einer Art aufzuführen?

Stellen wir uns zur Beantwortung aller dieser Fragen auf einen ganz voraussetzungslosen Standpunkt, so werden wir sagen, dass über den Werth einer Form nur die Constanz entscheidet. In dieser Forderung müssen, sowie es sich um die Praxis handelt, Alle übereinstimmen, zu welcher Theorie sie sich auch bekennen mögen. Einer Form, die durch eine längere Reihe von Generationen sich constant erhält, wird immer auch ein grösserer systematischer Werth beigelegt werden.

Man spricht zwar häufig auch von wesentlichen und unwesentlichen Merkmalen. Species seien diejenigen Formen, welche sich durch wesentliche, Varietäten, die sich nur durch unwesentliche Merkmale unterscheiden. Es ist diess ein überkommener Ausspruch, der ziemlich gedankenlos wiederholt wird. Was ist eine systematisch wesentliche

Eigenschaft anders als eine solche, die sich durch die Constanz bewährt? Wir können von keiner morphologisch oder physiologisch noch so wichtigen Erscheinung zum voraus behaupten, dass sie auch in systematischer Beziehung wesentlich sein müsse. Vielleicht gehört sie bloss einer unbedeutenden Varietät, vielleicht selbst einer individuellen Modification an. Das nämliche Merkmal ist bei einer Pflanze wesentlich und bei einer nahe verwandten andern Pflanze erweist es sich als unwesentlich, was wir aber nur daraus erkennen, dass es bei jener constant, bei dieser variabel ist.

Der Begriff der Constanz ist im Prinzip ganz scharf. Er wird durch die Zahl der Generationen oder überhaupt durch die Zeit bestimmt, während welcher unter verschiedenen äussern Bedingungen eine Eigenschaft unverändert bleibt. Aber wie klar auch die Definition sei, eben so schwierig ist die Anwendung, ebenso unklar und verworren der Sprachgebrauch. In der That, wenn von einem constanten Merkmal gesprochen wird, so wissen wir sehr oft nicht, welche Bedeutung wir diesem Worte beilegen sollen.

Der Ausdruck Constanz wird nicht bloss dann gebraucht, wenn eine Eigenschaft während einer Reihe von Jahren sich nicht verändert. Er hat noch eine andere Bedeutung. Der Systematiker nennt ein Merkmal beständig, wenn es bei allen Individuen, die er gesehen hat, das gleiche ist. Eine südamerikanische oder neuholländische Pflanzenform, welche in den 50 Exemplaren, die in den europäischen Herbarien liegen, keine Abweichungen zeigt, heisst constant.

Wir haben also eine doppelte Constanz, eine zeitliche und eine räumliche. Jene ist unserer Beobachtung nur in sehr seltenen Fällen unmittelbar zugänglich. Wenn von Beständigkeit gesprochen wird, so ist es in der Regel die räumliche, welche man eigentlich meint.

Beide Begriffe stehen in einer gewissen Beziehung zu

einander. Wenn ein Merkmal durch eine Reihe von Generationen constant bleibt, so muss es auch in allen denjenigen Individuen das nämliche sein, welche von dem einzigen oder den mehreren unter einander gleichen Individuen der ersten Generation herstammen. Die zeitliche Constanz hat also immer die räumliche zur Folge. Die letztere ist die abgeleitete. Frägt es sich, in wiefern man aus ihr auf jene zurückschliessen könne, so ist dabei besonders zweierlei zu berücksichtigen.

Nur wenn ein Merkmal in allen Individuen einer Pflanzenform vorhanden ist, so dürfen wir annehmen, dass es auch in den frühern Generationen schon existirt habe. Wäre es in einem Theil der Individuen so, in einem andern anders beschaffen, so wüssten wir nicht, wie viel Zeit es braucht, um die eine Modification in die andere überzuführen, und ob vielleicht dieser Wechsel selbst von einer Generation zur nächst folgenden eintritt. Es ist daher immer gewagt, von einer beschränkten Zahl von Pflanzen auf die Beständigkeit einer Form zu schliessen.

Ferner dürfen wir von einem Merkmal, das in allen Individuen einer Pflanzenform sich findet, nur dann auf eine nothwendige Constanz in der Generationenfolge schliessen, wenn dasselbe nicht durch die äussern Einflüsse bedingt wird. Eine Pflanze, die auf einer sterilen sandigen Haide schmächtige wenigblüthige Exemplare bildet, wird natürlich, solange sie auf dieser Localität bleibt, durch alle Generationen beständig sein. Aber es ist diess nicht die wahre Constanz; denn auf einem fruchtbaren Boden verändert sie sich. So verhält es sich mit den gedrungenen und stengellosen Formen der nivalen Region und mit vielen andern Beispielen.

Wir werden also von der räumlichen auf die zeitliche Constanz mit voller Berechtigung nur dann schliessen, wenn eine Eigenschaft oder ein Complex von Eigenschaften in

allen Individuen und auf den verschiedenartigsten Standorten unverändert auftritt.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass wir für die Beurtheilung des systematischen Werthes einer Pflanzenform im Allgemeinen zwei Kriterien haben. Entweder wird die zeitliche Constanz, um die es sich allein handelt, auf direktem Wege geprüft, oder man zieht auf indirektem Wege aus der räumlichen Constanz einen Schluss auf dieselbe. Die Mittel dazu sind die Kulturversuche und die Beobachtungen in der freien Natur. Es ist selbstverständlich, dass nur die erstern einen absolut sichern Beweis zu geben vermögen, vorausgesetzt, dass sie überhaupt in der Weise, wie es nothwendig ist, ausgeführt werden könnten. Da diess aber, wie die Berücksichtigung der thatsächlichen Verhältnisse ergiebt, unmöglich ist, so werden wir vorzugsweise auf die Beobachtung der Vorkommensverhältnisse angewiesen.

Es giebt wohl kaum einen Grundsatz, der häufiger ausgesprochen wird und allgemeinere Anerkennung findet, als der, dass die Constanz der Formen durch Kulturversuche geprüft und erprobt werden müsse. Allein es kann nicht in Abrede gestellt werden, dass über denselben nicht immer die nöthige Klarheit herrsche und dass er nicht stets mit gehöriger Kritik angewendet werde. Man findet so häufig bei einer neuen oder zweifelhaften Art die Angabe, es habe dieselbe sich so und so viele Jahre im Garten unverändert erhalten, woraus geschlossen wird, dass es eine „gute Species" sei. Auch die Hieraciologen haben sich nicht selten dieses Arguments bedient. So sagt z. B. Fries, „er habe die sehr ähnlichen Hieracium amplexicaule und H. pulmonarioides in einer Kultur von 30 und mehr Jahren gut begrenzt erfunden", oder „er betrachte H. fragile Jordan, obgleich kaum durch ein gutes Merkmal kenntlich, für eine besondere Art, weil sie in 10jähriger Kultur ihren

eigenthümlichen Habitus behalten habe", etc. Ebenso bemerkt F. Schultz: „Ich halte Hieracium Peleterianum Merat. für eine gute Art; ich habe sie seit 10 Jahren neben H. Pilosella in Kultur und diese beiden Pflanzen haben hier alle ihre Merkmale behalten".

Bei solchen Angaben ist mit Rücksicht auf die herrschenden Ansichten über die Vererbung der Merkmale zu bedauern, dass nicht gesagt wird, ob die Pflanze als Stock aus der Wildniss in den Garten versetzt oder aus Samen erzogen wurde, ferner ob eine wiederholte Aussaat stattgefunden hat oder nicht, endlich aus welcher Gegend und von welcher Localität die Pflanze herstammte. Je nachdem mit Rücksicht auf diese Punkte es sich so oder anders verhält, muss eine mehrjährige Kultur, eine ziemlich verschiedene Bedeutung erhalten. Möglicherweise hat man am Ende der Versuchsperiode noch den nämlichen Pflanzenstock, der aus der Wildniss geholt wurde. Meistens kultivirt man die zweite Generation der wilden Pflanze, diese als erste Generation gesetzt. Man könnte nach 10jähriger Kultur aber auch die sechste Generation erreichen, wenn wir für jede zwei Jahre ansetzen; und nur in diesem Falle könnte das höchste Maass der Veränderungen eintreten, welches für eine 10jährige Kultur überhaupt möglich ist. In dieser letztern Weise ist aber in dem nämlichen Garten bis jetzt gewiss nie ein Hieracium kultivirt worden. — Stammt die Pflanze aus der Nähe, sodass möglicher Weise die klimatischen und die Bodenverhältnisse der natürlichen Localität fast identisch sind mit denen des Gartens, in welchem die Kulturversuche angestellt werden, so ist kaum eine Aussicht auf eine Veränderung vorhanden. Kommt sie dagegen von einem Standort mit sehr verschiedenen äussern Verhältnissen, so lassen sich bedeutendere Umwandlungen erwarten.

Fragen wir uns nun aber, welche Veränderungen eine 10- oder selbst eine 40jährige Kultur an einer Pflanzenform

überhaupt hervorbringen könne, so ergiebt Theorie und Praxis in voller Uebereinstimmung, dass dieselbe im Allgemeinen nichts anderes vermag, als die frühern Localitätsmerkmale wegzunehmen und an deren Stelle die Localitätsmerkmale des Gartens zu setzen. Sie kann nur die unmittelbar von den äussern Verhältnissen herrührenden Eigenthümlichkeiten modifiziren, insofern nämlich der Garten andere äussere Verhältnisse darbietet. Sie wird aber die constanten Merkmale nicht ändern, selbst wenn dieselben nur eine wenig abweichende Varietät charakterisiren.

Wenn die Kultur in der von manchen Systematikern beanspruchten Weise über den spezifischen Werth entscheiden könnte, so müssten wir alle constanten Varietäten zu Arten erheben. Die Racen der ein- und zweijährigen Kulturpflanzen und die Varietäten, deren Samen in den jährlichen Katalogen der botanischen und Handelsgärten angeboten werden, wären eben so viele Species. In der Gattung Hieracium wären die Abänderungen mit röhrigen Blüthen, die man mit Recht als leichte kaum nennenswerthe Varietäten betrachtet, gute Arten, denn nach Bernhardi (Ueber den Begriff der Pflanzenart pag. 16) erhalten sie sich bei der Aussaat unverändert. Ich bin überzeugt, dass wenigstens 10 Varietäten von Hieracium Pilosella in der Kultur constant bleiben, wenn man sie vor hybrider Befruchtung schützt; und was die übrigen Hieracien betrifft, so dürfte sich eine grosse Zahl der Arten von Jordan, welche die Systematiker nicht einmal als Varietäten unterscheiden mögen, in den Gärten als beständig erweisen.

Meine Ueberzeugung von der Constanz der Hieracien-Varietäten schöpfe ich aus den Vorkommensverhältnissen. Die Natur hat eine Menge von Kulturversuchen angestellt und zwar mit viel eingreifenderen Mitteln bezüglich der äussern Einflüsse und der Zeitdauer, als wir es zu thun vermögen. Wir können ihre Kulturresultate auf den Loca-

litäten studiren. Ich verweise auf die Mittheilung vom 18. November 1865, wo ich weitläufig hierüber gesprochen habe. Dort habe ich angegeben, dass Hieracium Pilosella Hoppeanum (H. piloselliforme) seit der Eiszeit, also Hunderttausende von Jahren, in der Nähe von München unter H. Pilosella wächst, ohne in letzteres übergegangen zu sein. Ebenso finden wir häufig andere Varietäten von H. Pilosella auf der nämlichen Localität beisammen, und eben dasselbe gilt für die Varietäten der übrigen Hieracium-Arten. Wir wissen zwar in keinem einzelnen Falle, wie lange sie schon in Gesellschaft leben. Aber aus der Art und Weise der Verbreitung überhaupt, sowie aus der grossen Individuenzahl und der Häufigkeit des gemeinsamen Vorkommens müssen wir schliessen, dass dieses gemeinsame Vorkommen im Allgemeinen gedauert hat, seitdem die Pflanzen zu ihrer jetzigen Verbreitung gekommen sind, d. h. jedenfalls lange vor der historischen Zeit. Von diesem Gesichtspunkte aus mangelt jede rationelle Berechtigung einem Verfahren, welches zwei Pflanzenformen, die seit Jahrtausenden auf der gleichen Localität gut begrenzt geblieben sind, in den Garten pflanzt und nach einer weitern Probezeit von 10 oder 20 Jahren für speciesfähig erklärt.

Die Kultur der Hieracien, ebenso wie diejenige aller übrigen Pflanzen, kann uns demnach keinen Aufschluss geben über die Frage, ob Species oder Varietät, ebenso wenig, ob Hauptform oder Zwischenform, oft selbst nicht, ob reine oder hybride Form. Sie zeigt uns bei richtiger Anwendung höchstens, ob ein Merkmal unmittelbar durch die äussern Verhältnisse bedingt ist oder nicht. Bleibt aber der aus der Wildniss in den Garten gepflanzte Stock unverändert, so kann es die Constanz des ersten besten Apfelbaumes sein, der in seiner Sorte sich ebenfalls nicht ändert. Bleibt eine Pflanze durch mehrere Generationen beständig,

so wissen wir noch nicht, ob es die Constanz der Bastarde ist, welche nach Gärtner bis in die zehnte Generation dauern kann, oder die seculare Constanz der Mittelformen, Varietäten und Arten.

Es ist möglich, dass bei der Kultur nicht bloss die Localitätsmerkmale sich ändern, sondern dass einmal auch andere Veränderungen eintreten, wie sie in der Wildniss ebenfalls nicht fehlen. Meistens sind es morphologische und physiologische Umbildungen, die uns über das Wesen der Pflanzen wichtige Aufschlüsse geben, aber kaum je über den Werth der systematischen Formen belehren. Nach verschiedenen Angaben sollen zwar bei andern Pflanzen und bei Hieracien auch Varietäten, die ich nach den Vorkommensverhältnissen als constant betrachten muss, im Garten umgewandelt worden sein, was mir unglaublich erscheint. Es würde mich zu weit führen, wenn ich auf einzelne Beispiele eintreten wollte. Ich erlaube mir jedoch auf drei allgemeine Ursachen der Täuschung hinzuweisen, für die ich als Belege bestimmte Fälle anführen könnte.

Die eine liegt in Verwechslungen des Namens oder der Aufschrift, die bei verschiedenen Gelegenheiten eintreten können, beim Versenden der Samen, beim Empfang derselben und beim Aussäen, beim Verpflanzen, bei verschiedenen Gartenarbeiten. Alle derartigen Irrthümer können von dem Experimentator durch gehörige Controle vermieden werden, mit Ausnahme desjenigen, der allenfalls von dem, der die Samen liefert, begangen wird.

Die andere Ursache der Täuschung liegt in der Thatsache, dass in den botanischen Gärten die Pflanzen nicht selten einander verdrängen. Diess ist um so eher der Fall, da man immer die nächst verwandten Formen, die in der Regel wegen sehr ähnlicher Existenzbedingungen am wenig-

sten sich vertragen, unmittelbar neben einander pflanzt[1]). Wenn man diesen Process mit Aufmerksamkeit verfolgt, so wird man sehen, wie in einem Satze einige Pflanzen einer andern Species oder Varietät, welche durch Samen oder durch Ausläufer dahin gelangt sind, aufgehen, wie sie sich vermehren und zuletzt die ursprüngliche Pflanze vollständig verdrängen. Sind die beiden Arten oder Varietäten einander sehr ähnlich, so kann man bei oberflächlicher Betrachtung leicht die Ansicht gewinnen, es habe die eine sich in die andere verwandelt. In unserm Garten kann ich z. B. Hieracium aurantiacum nicht neben H. pratense oder H. glomeratum kultiviren; die letzteren setzen sich immer auf dem Platze des erstern fest. Ebenso wird H. Pilosella Hoppeanum durch H. Pilosella vulgare verdrängt.

Die dritte Ursache der Täuschung und zugleich die gefährlichste, weil sie keine Controle erlaubt und daher nicht vermieden werden kann, beruht in der Kreuzung einer Form mit irgend einer andern. Wenn das Ergebniss des Kulturversuchs einen Schluss auf die Variabilität gestatten soll, so muss selbstverständlich vorausgesetzt werden, dass die zur Aussaat benutzten Samen durch Selbstbefruchtung oder Inzucht erzeugt wurden. Würde man Samen von A, die durch Kreuzung mit B entstanden sind, verwenden, so käme man über die Veränderlichkeit von A zu einem unrichtigen Resultat. In den botanischen Gärten und in der Wildniss mangelt die Gelegenheit zu hybrider Befruchtung mit verwandten Arten oder Varietäten fast niemals.

Besonders leicht aber entstehen Irrthümer, wenn es sich um das Verhalten eines Bastards handelt. Derselbe

---

1) Es wäre aus verschiedenen Gründen zu empfehlen, die Varietäten einer Art, sowie verwandte Arten nicht neben einander zu pflanzen, sondern wenigstens durch eine ganz verschiedene Art oder selbst durch eine verschiedene Gattung zu trennen.

wird eher durch den Blüthenstaub einer Stammart als durch den eigenen befruchtet. Die Samen, die von wildwachsenden oder kultivirten Hybriden gesammelt werden, geben desswegen nicht selten Formen, die zu einer der beiden elterlichen Arten zurückkehren. Daher rühren mehrere Angaben, welche gewisse Bastarde als Varietäten anderer Arten erklärten. Auch bei nahe verwandten reinen Formen ist grosse Vorsicht nöthig, weil es solche giebt, die sich durch andere Arten und Varietäten leichter bestäuben lassen als durch den eigenen Pollen (Mittheilung vom 18. Nov. 1865).

Fasse ich die Ergebnisse zusammen, welche aus den sichern und von der Kritik unanfechtbaren Kulturversuchen an Hieracien hervorgehen, so beschränken sie sich darauf, dass die Pflanzen in Folge reichlicherer Nahrung grösser und mastiger werden und dass in Folge dessen auch der Farbenton des Laubes sich etwas verändert, indem das Glauke intensiver und freudiger grün wird. Die Pflanze kann dadurch ein fremdartiges Aussehen erhalten; sie kann selbst in einzelnen Fällen fast unkenntlich werden. Aber die eigentliche Varietät bleibt beständig. Im Garten bilden sich überhaupt keine andern Formen, als wie sie auch in der freien Natur an humusreichen, nicht zu trockenen und zu sonnigen Orten gefunden werden. Weder die Behaarung noch die Verzweigungsform, noch die Gestalt der Blätter, Blüthenhüllen und Hüllschuppen, noch die Farbe der Blüthen erfährt im Garten eine wesentliche Veränderung[2]).

Die Ergebnisse der Kultur sind daher für die Beurtheilung des systematischen Werthes einer constanten Form,

2) Damit will ich nicht etwa behaupten, dass alle kultivirten Hieracien-Formen auch wildwachsend gefunden werden. Es ist möglich, dass einzelne derselben in den Gärten entstanden sind, allein es dürfte diess wohl immer die Folge von Kreuzungen gewesen sein.

für die Frage, ob sie eine Varietät oder Species sei, durchaus irrelevant und wir sind in dieser Beziehung lediglich auf die Verhältnisse des Vorkommens und auf die An- oder Abwesenheit der Zwischenformen, sowie anf die Natur dieser Zwischenformen angewiesen.

Dennoch ist die Kultur nicht etwa zu vernachlässigen. Sie sollte im Gegentheil viel häufiger, zugleich aber auch mit mehr Umsicht und Kritik angewendet werden, als es meistens geschieht. Wenn sie auch nichts anderes ergiebt, als was man meistens aus den Vorkommensverhältnissen schliessen kann, so dient sie doch als eine werthvolle Bestätigung dafür. Sie kann uns bei richtigem Verfahren immer zeigen, wie weit die unmittelbaren Einflüsse der Aussenwelt reichen, was an der Pflanze constant und variabel ist. Die Kulturversuche geben in dieser Beziehung oft überraschende Resultate. Als Beweis möge folgendes Beispiel dienen.

Ranunculus pyrenaeus Lin. hat meistens schmale Blätter und einen nackten einblüthigen Stengel. Man findet aber auch Exemplare mit breitern Blättern und mit beblättertem mehrblüthigem Stengel. Man hat die letztern als besondere Art (R. plantagineus All.) oder wenigstens als eigenthümliche Varietät (R. pyrenaeus plantagineus) betrachtet. Das Vorkommen zeigt, dass es nichts anderes als üppige, einem fruchtbaren und etwas feuchtern Boden entsprungene Pflanzen sind und die Kultur bestätigt diess. In der reichen Alpenpflanzensammlung des Herrn Bankadministrators Sendtner dahier befindet sich ein Stock, der vor zwei Jahren als die gewöhnliche Form von R. pyrenaeus in den Topf gepflanzt und nach dieser kurzen Zeit in den schönsten R. plantagineus sich umgewandelt hat. Wir dürfen also diese Form bloss als Standortsmodification betrachten; und es muss die Diagnose von

R. pyrenaeus so gefasst werden, dass auch diese Modification in ihr enthalten ist.

Das soeben erwähnte Beispiel, in Uebereinstimmung mit vielen andern, beweist uns ferner, dass zur Umwandlung der Standortsmerkmale nicht etwa die Fortpflanzung durch Samen erfordert wird, sondern dass sie sich an dem nämlichen Pflanzenstock vollzieht. Wenn es sich also bloss darum handelt, an einer Pflanzenform die constanten Eigenschaften von den Standortsmerkmalen zu unterscheiden, so genügt es, die Pflanze durch Versetzen der Stöcke unter andere äussere Verhältnisse zu bringen. Es hat dieses Verfahren selbst einen Vorzug vor der Aussaat von Samen. Von den letztern ist man nie sicher, ob sie durch Inzucht oder durch Kreuzung entstanden sind. Das Resultat, welches man mit Sämlingen erhält, ist daher mit Rücksicht auf die vorliegende Frage immer etwas zweifelhaft, während man beim Verpflanzen der Stöcke auf eine andere Localität sicher ist, dass die eintretenden Veränderungen als Wirkungen der äussern Agentien zu erklären sind [3]).

---

3) A. Kerner will verschiedene Pflanzenformen durch die veränderten äussern Einflüsse in einander übergeführt haben; nach diesen Versuchen müsste die unmittelbare Einwirkung der Bodenbeschaffenheit sehr bedeutend sein. Da diess mit so vielen sichern Thatsachen im Widerspruch steht, so wären weitere von verschiedenen Beobachtern angestellte Versuche äusserst erwünscht. Wenn Kerner angiebt, er habe die beiden Alpenrosen in einander übergeführt, so lässt sich diess schwer mit der Thatsache vereinigen, dass Rh. ferrugineum allein auf dem schweizerischen Jura und auf manchen Kalkbergen der Alpen vorkommt, wo es gewiss schon Jahrtausende lebt, ohne in die Kalkform übergegangen zu sein. Ebenso bleibt es im Münchner botanischen Garten auf Kalkunterlage immer unverändert.

Ich verdanke der freundlichen Zuvorkommenheit des Hrn. Prof. Kerner die Ansicht von einigen umgewandelten Pflanzen. Sehr

Die Verwandtschaft der Formen innerhalb einer Gattung zeigt eine unendliche Abstufung von der leichtesten Varietät bis zur abweichendsten Species. Doch können wir zur bessern Uebersicht folgende 5 Kategorieen unterscheiden:

1) Formen, die sich gegenseitig nicht befruchten können. Agamische Verwandtschaft.

2) Formen, die sich befruchten, aber bloss unbeständige Bastardformen geben. Bastardirungsverwandtschaft.

3) Gut umgrenzte Formen, zwischen denen constante, aber relativ seltenere Zwischenformen sich befinden: Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft.

4) Schlecht umgrenzte Formen mit zahlreichen und manigfaltigen constanten Zwischenformen. Grenzlose Verwandtschaft.

5) Formengewirre, in dem sich bestimmte Formen

---

bemerkenswerth ist Dianthus alpinus Lin. und Aster alpinus Lin. Von ersterer Pflanze wurde die eine Hälfte der Stöcke in kalkreiche Erde, die andere Hälfte in eine kalklose Unterlage (Lehm, feinzerhacktes Sphagnum und gepochter Thonglimmerschiefer) versetzt. Jene blieb unverändert, diese verwandelte sich während 3 Jahren in D. deltoides Lin. Die Schieferform des Aster alpinus, die sich durch grössere Kahlheit und dunklere Blüthenfarbe auszeichnet, wurde in den botanischen Garten zwischen Schieferfelsen gepflanzt und gieng nach zweijähriger Kultur in Aster Amellus Lin. über.

Auch diese Umwandlungen scheinen mir in einem schwer zu lösenden Widerspruch mit den Vorkommensverhältnissen zu stehen, so dass ich vermuthe, es sei noch irgend ein wichtiger Punkt, betreffend das Vorkommen, oder die Kultur unaufgeklärt. Wenn sich aber auch durch fernere Beobachtungen der Uebergang der Formen in dem erwähnten Umfange bestätigen sollte, so würde an den Gesetzen der Constanz im Allgemeinen doch nichts geändert. Es gäbe nach wie vor constante Varietäten und Arten; es müssten bloss einige Formen, denen man bisher die Constanz der Species zugeschrieben hat, als Standortsmodificationen betrachtet werden.

nicht deutlich herausheben und unterscheiden lassen. **Formlose oder chaotische Verwandtschaft.**

Was zuerst die **agamische Verwandtschaft** betrifft, so ist dieselbe, unter übrigens gleichen Verhältnissen, immer geringer als die Bastardirungsverwandtschaft, und sie muss als das Merkmal bester Artverschiedenheit betrachtet werden. Eine Species, die mit einer andern keine Bastarde zu erzeugen vermag, steht derselben stets ferner, als einer dritten, mit der sie sich hybrid befruchtet. Bei Gattungen mit vollkommen natürlichen Sectionen kann es der Fall sein, dass die Arten einer Section unter sich in Bastardirungsverwandtschaft stehen, während die Sectionen bloss agamisch mit einander verwandt sind. — **Gentiana lutea, G. punctata, G. purpurea, G. pannonica** bastardiren sich gegenseitig, nicht aber mit andern Species. Die **Primula**-Arten der Section **Primulastrum** (mit Klappen im Schlunde der Blumenkrone) bilden Bastarde unter sich, ebenso diejenigen der Section **Auricula** (ohne solche Klappen); aber die Species der einen Section gehen mit denen der andern weder auf natürlichem noch auf künstlichem Wege hybride Befruchtung ein. Es liesse sich noch eine grosse Menge von Beispielen anführen, wo die sich bastardirenden Arten einer Gattung auch in den systematischen Merkmalen eine nähere Verwandtschaft unter einander beurkunden als mit andern Arten, mit denen sie in keine geschlechtlichen Beziehungen zu treten vermögen. Wir können daher in zweifelhaften Fällen aus dem Vorhandensein der hybriden Befruchtung auf eine systematische Annäherung schliessen. Ich habe in dieser Beziehung schon in einer frühern Mittheilung bemerkt, dass die in verschiedene Sectionen gestellten, aber sich bastardirenden **Saxifraga mutata** und **S. aizoides** eine grössere Affinität zu einander haben als zu den Arten ihrer eigenen Sectionen.

Die Regel, dass sich bastardirende Arten näher ver-

wandt seien als agamische, gilt nur innerhalb der Gattung oder auch bei nahe stehenden Gattungen. Wir dürfen in dieser Beziehung nicht Pflanzen, die verschiedenen natürlichen Ordnungen angehören, mit einander vergleichen. Wenn Pyrus Malus Lin. und P. communis Lin., Nigella sativa Lin. und N. damascena Lin., Anagallis arvensis Lin. und A. coerulea Schreb., Primula elatior Jacq und P. officinalis Jacq. sich nicht mit einander befruchten lassen, so wäre der Schluss nicht erlaubt, dass sie systematisch einander ferner stehen als Triticum vulgare Vill. und Aegilops ovata Lin., Nigritella angustifolia Rich. und Gymnadenia conopsea R. Br., Cirsium arvense Scop. und C. oleraceum Scop., Dianthus Carthusianorum Lin. und D. superbus Lin., welche Bastarde bilden. Denn es ist wahrscheinlich, dass die Bastardirungsverwandtschaft in verschiedenen Regionen des Pflanzenreiches eine ungleiche Bedeutung hat, wofür sich mehrere Erklärungsgründe angeben liessen.

Unter den Arten einer Gattung, die sich nicht mit einander befruchten, stuft sich die Affinität selbstverständlich manigfaltig ab. Gewisse Stufen lassen sich durch das Vorhandensein oder den Mangel einer vermittelten Bastardirungsverwandtschaft bestimmen. A, B, C, D, E seine 5 Species eines Genus, welche folgende drei Bastardverbindungen (A+B), (B+C) und (C+D), sonst aber keine eingehen. Zwischen A und C, B und D, A und D besteht eine vermittelte, nicht aber eine direkte Bastardirungsaffinität. A und C sind durch B, mit dem sie beide sich befruchten, B und D sind durch C, A und D bloss durch Vermittelung zweier Arten, nämlich durch B und C. verwandt. Beschränken wir uns auf die Affinitätsgrade von A, so steht dasselbe am nächsten der Art B, etwas ferner der Art C, noch ferner der Art D und am fernsten der Art E.

Analoge Beispiele geben uns die Gattungen Dianthus, Cirsium, Salix.

Die Arten, welche sich gegenseitig bastardiren, haben ebenfalls eine sehr ungleiche Verwandtschaft zu einander. Bei künstlichen Versuchen lässt sich die Abstufung derselben durch das Verhalten der hybriden Produkte sehr genau feststellen. Bei wildwachsenden Pflanzen können wir im Allgemeinen drei Stufen unterscheiden, welche durch die grössere oder geringere Unfruchtbarkeit der ursprünglichen Bastarde bedingt werden. Sie geben sich in den drei Arten des Vorkommens zu erkennen, welche ich in meiner Mittheilung vom 16. Febr. (Ueber die Zwischenformen im Pflanzenreiche §. 6, A, B und C) unterschieden habe.

Die geringste Verwandtschaft besteht dann, wenn zwischen zwei Arten nur die ursprüngliche (die Mitte haltende) Bastardform vorkommt. Ein mittlerer Verwandtschaftsgrad dagegen ist vorhanden, wenn ausser dem ursprünglichen Bastard noch Formen sich finden, welche einer oder beiden Stammarten sich nähern und wenn diese zurückkehrenden Formen in geringerer Individuenzahl auftreten als die ursprüngliche hybride Form. Die grösste Verwandtschaft endlich ergiebt sich in dem Falle, dass die den Stammarten sich nähernden Formen den ursprünglichen Bastard an Individuenzahl übertreffen. — Berücksichtigen wir die Gesammtzahl der hybriden Pflanzen zwischen zwei Arten, so ist sie im ersten Fall am geringsten (meist äusserst spärlich), im zweiten bedeutender (aber immer noch ziemlich gering), im dritten weitaus am grössten. — Cirsium (lanceolatum + palustre) und C. (acaule + lanceolatum) sind Beispiele für den ersten, C. (arvense + oleraceum) und C. (heterophyllum + spinosissimum) für den zweiten, C. (bulbosum + oleraceum), C. (oleraceum + rivulare) und C. (acaule + oleraceum) für den dritten Fall.

Die Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft ist dann gegeben, wenn zwischen zwei gut umgrenzten Hauptformen constante Zwischenformen sich befinden; man könnte die letztern im Nothfall von hybrider Befruchtung ableiten und als constant gewordene, mit voller Fruchtbarkeit begabte Bastarde betrachten. Desswegen ist der Name Blendlingsverwandtschaft nicht unpassend, obgleich ich die eben angegebene Entstehungsweise für durchaus unwahrscheinlich halte. Diese Zwischenformen bleiben sowohl, wenn sie allein sind, als auch, was gewöhnlich der Fall ist, wenn sie in Gemeinschaft mit einer oder mit beiden Hauptformen leben, durch eine unbegrenzte Generationenreihe unverändert. Dadurch unterscheiden sie sich von den Hybriden, welche mit der Zeit aussterben, oder in Folge der Kreuzung mit den Stammarten zu diesen zurückkehren. Auch sind jene constanten Zwischenformen in viel grösserer Individuenzahl vorhanden als die Hybriden.

Die Uebergangsverwandtschaft ist unter übrigens ähnlichen Verhältnissen immer grösser als die Bastardirungsverwandtschaft. Denn die grössere Fruchtbarkeit und das zahlreichere Vorkommen der intermediären Formen sind die Folge der innigern Affinität. Unter den Cirsien-Bastarden hat derjenige von C. bulbosum und C. acaule (nämlich C. medium) am ehesten Anspruch darauf, als constante Form erklärt zu werden, und wir müssen den beiden genannten Arten auch die grösste Verwandtschaft vindiziren. Namentlich ist dieselbe grösser als die Beziehung von C. acaule zu C. oleraceum, und von C. bulbosum zu C. oleraceum, obgleich diese Vereinigungen den höchsten Bastardirungsverwandtschaftsgrad darstellen.

Es ist nicht zu verkennen, dass es auch unter der Uebergangsverwandtschaft wieder verschiedene Abstufungen giebt; ich habe drei Arten des Vorkommens unterschieden (Mittheilung vom 16. Febr. §. 7, A, B, C). Nun bin ich

zwar nicht gewiss, ob dieselben auch drei Verwandtschaftsgraden entsprechen; aber sicher kann man zwei Grade unterscheiden. Zwei Arten, die durch eine ununterbrochene Reihe von constanten Zwischenformen verbunden sind, stehen einander näher als zwei andere, zwischen denen nur eine oder zwei isolirte constante Zwischenformen, gleichsam wie Inseln zwischen zwei Continenten, auftreten. Im letztern Falle hat man wegen der Bastarde, welche die Zwischenformen und die Hauptarten verbinden, zwar ebenfalls eine ununterbrochene Uebergangsreihe. Aber die Glieder derselben sind durch eine sehr ungleiche Individuenzahl repräsentirt, während die Glieder in der continuirlichen Reihe der constanten Zwischenformen alle gleichwerthig und ziemlich gleich zahlreich sind.

Wir werden also überhaupt zwei Arten einer Gattung für um so näher verwandt erklären, je mehr die constanten Zwischenformen sich zu einer allmählichen und vollständigen Uebergangsreihe schliessen, für um so weniger verwandt, je mehr diese Reihe unterbrochen und lückenhaft ist. Desswegen schätze ich die Verwandtschaft von Hieracium Pilosella zu H. glaciale für grösser als diejenige von H. Pilosella zu den Arten H. Auricula, H. praealtum, H. pratense und H. aurantiacum. Desswegen halte ich ferner dafür, dass Hieracium murorum von H. glaucum weiter entfernt sei als von Hieracium villosum und von H. alpinum.

Die grenzlose Verwandtschaft stimmt mit der Uebergangsverwandtschaft darin überein, dass bei beiden die Hauptformen durch constante Zwischenformen verknüpft sind, welche bald continuirliche, bald unterbrochene Reihen darstellen. Der Unterschied besteht darin, dass bei der Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft die Hauptformen überall da, wo sie ohne die Zwischenformen vorkommen, scharf begrenzt sind und sich annähernd innerhalb der

gleichen Grenzen bewegen. Bei der grenzlosen Verwandtschaft dagegen haben die Hauptformen auf verschiedenen Standorten und in verschiedenen Gegenden eine ungleiche Umgrenzung; ihr Formenkreis ist daher unbestimmt.

Neben diesem Hauptunterschied scheinen noch andere, wenn auch in weniger auffallender Weise, vorzukommen. Bei der Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft ist die Gesammtindividuenzahl der Zwischenformen entschieden viel geringer als die der Hauptformen, und die Verbreitung der Zwischenformen ist an diejenige der beiden Hauptformen gebunden, wesswegen man jene allenfalls aus diesen durch hybride Befruchtung ableiten könnte. Bei der grenzlosen Verwandtschaft dagegen übertreffen die Zwischenformen oft die Hauptformen an Menge der Individuen und halten sich auch nicht an deren Verbreitungsbezirke. Die Ermittelung beider Verhältnisse giebt hier indess keine sichern und festen Resultate, weil die Hauptformen unbestimmt umschrieben sind. Je nachdem man sie so oder anders fasst, verändern sich auch die Ergebnisse betreffend die Mengen und Verbreitungsverhältnisse.

Unter den Hieracien stehen H. Pilosella, H. Hoppeanum Schult., H. Peleterianum Merat. und andere Formen in grenzloser Verwandtschaft zu einander. Ebenso H. glaciale Lach. und H. breviscapum Koch (non DC.), ferner H. praealtum Vill. und H. florentinum All., ferner H. amplexicaule Lin. und H. pulmonarioides Vill., ferner H. glaucum All. und H. bupleuroides Gmel., ferner H. murorum Lin. und H. vulgatum Fr. u. s. w.

Während bei der Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft die Formen gut und deutlich begrenzt bei der grenzlosen Verwandtschaft schlecht und undeutlich begrenzt sind, so erkennt man bei der formlosen oder chaotischen Verwandtschaft eigentlich gar keine bestimmten Formen mehr. Wir können uns dieses dreifache Verhalten durch

folgendes Bild anschaulich machen. Im ersten Falle stellen die Formen Continente oder grössere Inseln dar, welche durch Landengen oder durch Reihen von kleinern Inseln verbunden sind. Im zweiten Falle sind es Berge, die sich aus dem festen Lande erheben und am Fusse allmählich in die Ebene oder in andere Bergrücken auslaufen, also keine bestimmte Begrenzung haben. Im dritten Falle stellt das Formengewirre eine Ebene ohne Erhebungen oder bloss mit niedrigen kaum erkennbaren Erhebungen dar, je nachdem die Individuen unter sich alle sehr ähnlich sind oder erheblich von einander abweichen.

Beispiele für die formlose oder chaotische Verwandtschaft geben uns alle Species oder Varietäten, innerhalb derer sich keine deutlichen Varietäten unterscheiden lassen. Wir werden jedenfalls die Verwandtschaft ihrer Individuen für näher und inniger erklären als die der vorhergehenden Grade. Desswegen dürfen wir aber nicht etwa glauben, dass die Constanz ganz mangle. Allerdings ist eine räumliche Constanz nicht vorhanden, indem alle Merkmale von einem Individuum zum andern variiren; aber eine gewisse zeitliche Constanz ist gleichwohl möglich, das heisst eine nothwendige Vererbung gewisser Eigenschaften durch eine kleinere oder grössere Zahl von Generationen, insofern nicht Kreuzung dazwischen tritt.

Ueber die Verwandtschaftsgrade sind noch zwei Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit beizufügen, 1) dass sie nicht scharf geschieden sind, sondern allmählich in einander übergehen, und 2) dass die nämlichen zwei Pflanzenformen hier in dem einen und dort in einem andern Verwandtschaftsgrad auftreten. Was das Erstere betrifft, so bleiben wir oft im Zweifel, ob wir zwei Pflanzenformen dem einen oder andern Verwandtschaftsgrad zuschreiben sollen. Cirsium medium All. und C. Heerianum Näg. sind fast mit dem gleichen Recht als constante Zwischenformen (oder

Blendlinge) und als Bastarde zu betrachten. Die Beziehung von Hieracium murorum Lin. und H. vulgatum Fr. darf fast ebenso wohl als Uebergangs- und als grenzlose Verwandtschaft bezeichnet werden.

Was den zweiten Punkt betrifft, so kann derselbe als fast ausnahmslose Regel gelten. Die Arten, welche sich bastardiren können, treten immer auf gewissen Standorten und selbst in ganzen Gegenden ohne Bastarde auf. Die Hauptarten, welche durch constante Zwischenformen verbunden sind, entbehren derselben gleichfalls stellenweise. Mit Hieracium Pilosella und H. Auricula kommt ziemlich selten die constante Mittelform vor, ebenfalls selten der Bastard; häufiger findet man, wenigstens in Süddeutschland und der Schweiz, die beiden Arten ohne alle intermediären Formen. Die Formen, welchen im Allgemeinen eine unbestimmte Begrenzung zugeschrieben werden muss, treten stellenweise ziemlich gut umgrenzt auf, wobei die verbindenden Zwischenformen bald den Charakter der Constanz, bald auch den der Hybridität zeigen können. So verhält es sich mit Hieracium Pilosella, H. Hoppeanum und H. Peleterianum.

Bei der Beurtheilung des Verwandtschaftsgrades müssen die Vorkommensverhältnisse genau ins Auge gefasst werden, indem von denselben sehr häufig die Bedeutung der Anwesenheit oder des Mangels von Zwischenformen abhängt. Zwei Formen A und B können drei verschiedene Arten des Vorkommens zeigen:

1) A und B wachsen auf dem nämlichen Standort neben und durch einander. Synöcisches Vorkommen.

2) Die Wohnorte von A und B stossen unmittelbar aneinander; wo A aufhört, da fängt B an. Prosöcisches Vorkommen.

3) Die Wohnorte von A und B berühren sich nicht;

sie sind mehr oder weniger entfernt von einander. Telöcisches Vorkommen.

Die Ursachen dieser verschiedenen Vorkommensarten sind nicht in den Verwandtschaftsgraden zu suchen. Denn ob zwei Pflanzen synöcisch oder prosöcisch wohnen, hängt davon ab, ob sie im Kampfe um das Dasein einander zu verdrängen vermögen oder nicht (vgl. die Mittheilung über die Bedingungen des Vorkommens vom 15. Dec. 1865); und das telöcische Vorkommen ist Folge davon, dass eine Form in einer Gegend ganz ausgegangen oder nie dahin gelangt ist.

Das synöcische Vorkommen beweist uns immer, dass die sich duldenden Pflanzenformen entweder ungleiche Existenzbedingungen haben, oder dass sie den vorhandenen Verhältnissen gleich gut angepasst sind. Im Allgemeinen können wir wohl sagen, dass zwei Pflanzenarten um so eher synöcisch auftreten, je weiter sie verwandtschaftlich von einander entfernt sind. Arten verschiedener Gattungen oder verschiedener Sectionen der gleichen Gattung schliessen sich schwerlich aus. Es ist mir kein Beispiel bekannt, wo eine Art der Piloselloiden eine solche von Archieracium aus der synöcischen Gemeinschaft verdrängte. Auch nahe verwandte Arten und Varietäten derselben Species wohnen nicht selten auf dem gleichen Standorte beisammen.

Das synöcische Vorkommen ist für die Beurtheilung der verwandtschaftlichen Verhältnisse am vortheilhaftesten, denn es zwingt so zu sagen die in Frage stehenden Formen mit ihrer Farbe herauszurücken. Wenn zwischen zwei Arten constante oder hybride Zwischenformen existiren, so werden wir sie sicher am ehesten da finden, wo beide durch einander auf der gleichen Localität wachsen.

Das prosöcische Vorkommen[4]) ist die Folge davon,

4) Es handelt sich hier selbstverständlich bloss von constanten Formen. Die Standortsmodificationen sind alle in gewissem Sinne

dass eine Pflanzenform unter gewissen Verhältnissen die andere zu verdrängen vermag, während sie selber unter etwas veränderten Umständen von jener verdrängt wird. Die Wohnplätze der beiden Pflanzen grenzen daher unmittelbar an einander; und an der Grenze selbst beobachten wir eine ganz schmale Zone, oft nur von wenigen Schritten Breite, wo die beiden Formen gemengt stehen. Bald sind es die chemischen, bald die physikalischen Eigenschaften des Bodens, welche diese Erscheinungen bedingen. Bei den Hieracien ist es vorzugsweise der Wechsel von kalkhaltiger und kalkarmer Unterlage, welcher das prosöcische Vorkommen bedingt. H. villosum, H. piliferum und H. glaucum hören mit dem Kalk auf, indess unmittelbar daselbst H. alpinum, H. glanduliferum und H. albidum mit dem Schiefer beginnen. Dagegen vermag H. Pilosella Hoppeanum die verwandte Form H. Pilosella vulgare von fruchtbaren, mit hohem Rasen bewachsenen Standorten zu verdrängen, während letzteres auf mehr trockenen und magern Stellen das stärkere ist. Daher bilden die fetten Alpenwaiden zuweilen gleichsam Inseln, die mit H. Pilosella Hoppeanum bewachsen und ringsum von H. Pilosella vulgare umgeben sind.

Das prosöcische Vorkommen ist für das Vorhandensein der Bastard- und Zwischenformen immer sehr ungünstig. Während die intermediären Formen von Hieracium Pilosella Hoppeanum und H. Pilosella vulgare bei synöcischem Vorkommen häufig sind, finden wir sie bei prosöcischer

---

prosöcisch, indem mit dem Wechsel der Localität auch die Pflanzenform sich ändert. Die Standortsvarietäten zeichnen sich aber dadurch aus, dass sie den äussern Verhältnissen genau folgen und die nämlichen Abstufungen zeigen wie sie, was bei dem prosöcischen Vorkommen der constanten Formen nicht der Fall ist.

Verbreitung bloss spärlich auf der schmalen Grenze, oder sie mangeln auch wohl gänzlich. Zwei Formen, welche nur prosöcisch auftreten, gewähren daher fast immer den Anschein, als ob sie einem entfernteren Verwandtschaftsgrad angehörten, als es in Wirklichkeit der Fall ist. Wenn H. murorum mit den meisten andern Arten von Archieracium durch Zwischenformen verbunden ist, so mag seine allgemeine Verbreitung auf allen Bodenarten und sein synöcisches Vorkommen mit allen andern Arten wesentlich dabei betheiligt sein. Wenn H. villosum und H. glaucum mit H. alpinum und H. albidum nicht einmal Bastarde bilden, so viel mir wenigstens bekannt ist, so setze ich diess hauptsächlich auf Rechnung des prosöcischen Vorkommens.

Noch viel ungünstiger für die Beurtheilung der Verwandtschaftsverhältnisse ist das telöcische Vorkommen, indem hier die intermediären Formen meist gänzlich mangeln. Daher werden telöcische Varietäten von nächster Verwandtschaft oft als Arten unterschieden, wie z. B. die den Centralalpen angehörenden Papaver aurantiacum Lois. und Anemone sulfurea Lin. von Papaver alpinum Lin. (albiflorum) und Anemone alpina Lin. (alba), welche letztere in den nördlichen Alpen wachsen.

Bei den Hieracien ist es nicht selten, dass die Verbreitungsbezirke geschieden sind, und dass somit ein synöcisches oder prosöcisches Vorkommen ausgeschlossen ist. Es fehlen dann auch die intermediären Formen, so zwischen den Bewohnern der Alpen und der Ebene, des mittlern und des nördlichen Europas, der Alpen und der Pyrenäen. Wie schon früher bemerkt wurde, sind die alpinen Formen z. B. H. aurantiacum und H. glaciale weder durch constante noch durch hybride Mittelformen mit H. echoides, H. praealtum, H. cymosum etc. verbunden, was sicher bloss ihrem telöcischen Vorkommen zuzuschreiben ist.

Kehren wir nun zu der Frage zurück, welche Formen als Species getrennt und welche als Varietäten vereinigt werden müssen. Darüber soll die Constanz entscheiden, aber nicht etwa so, dass wir, wie es irrthümlicher Weise so häufig geschehen ist, die constanten Formen als Species, die nicht constanten als Varietäten in Anspruch nehmen. Denn die künstlichen Kulturversuche und besonders die Kulturresultate, welche wir auf den Standorten beobachten können, zeigen uns, dass auch geringe varietätliche Abänderungen eine grosse Constanz haben, und dass die Zeiträume, welche unserer Kritik zu Gebote stehen, lange nicht ausreichen, um die Grenzen für die Constanz der Varietäten und Arten zu bestimmen. Wollten wir die Formen, welche unter verschiedenen äussern Verhältnissen durch eine Reihe von 10 oder 20 Generationen beständig bleiben, als Species begrüssen, so müssten wir in der Gattung Hieracium, wie ich bereits bemerkt habe, die Jordan'schen Arten adoptiren, d. h. wir müssten die Varietäten mancher Autoren in ein halbes oder ein ganzes Dutzend Arten spalten; wir müssten Formen, die man bloss an einem etwas verschiedenen Habitus erkennt, aber nicht mehr durch bestimmte Merkmale charakterisiren kann, spezifisch trennen. Wenn damit die Frage entschieden, oder wenn nur irgend etwas Erhebliches erreicht würde, so liesse sich keine ernstliche principielle Einwendung gegen ein solches Verfahren machen. Allein das Schlimme an der Sache ist, dass durch eine solche Zersplitterung der Arten und Vermehrung der Speciesnamen gar nichts gewonnen wird. Denn wenn das jetzige Hieracium boreale und das jetzige H. vulgatum jedes in etwa 20 Species aufgelöst wird, so müssen diese 20 Species doch wieder in eine natürliche Gruppe zusammengeordnet werden, welche der jetzigen Art entspricht, und wir haben das gleiche Problem nur unter einem andern Namen zu lösen. Statt H. boreale und H. vulgatum zu

umgrenzen, müssen wir dann die Gruppen von H. boreale und H. vulgatum umgrenzen.

Die Verschiedenheit von Art und Varietät kann also nicht als Gegensatz von Constanz und Variabilität schlechthin aufgefasst werden. Einen solchen Gegensatz giebt es überhaupt streng genommen nicht. Die Constanz ist ein relativer Begiff; es giebt eine allmähliche Abstufung von derjenigen, welche bloss bis auf den Enkel reicht, bis zu derjenigen, welche Millionen von Jahren andauert. Wir werden zwar immer von constanten und variabeln Merkmalen sprechen; aber diese Begriffe haben als relative eine verschiedene Bedeutung je nach ihrer Anwendung. Es giebt constante und variable Eigenschaften der Klasse, der Ordnung, der Gattung, der Art und der Varietät. Ein variabler Charakter der Ordnung kann für die Gattungen vollkommen constant sein; ein variables Merkmal der Art kann in den Varietäten eine grosse Beständigkeit zeigen. So sind die Breite und Stumpfheit der Involucralschuppen, die Länge und Stärke der Ausläufer bei Hieracium Pilosella unbeständig; aber bei H. Pilosella Hoppeanum und H. Pilosella vulgare bleiben sie durch Zeiträume, welche weit über die historische Zeit hinausgehen, unverändert.

Der Begriff der Species muss also in einem bestimmten Grad der Constanz liegen. Die verschiedenen Grade derselben können wir aber auf keinem andern Wege als durch die Verwandtschaftsgrade, wie ich sie oben erörtert habe, feststellen. Es ist nun die Frage, welches Maass der Verwandtschaft theoretisch und praktisch sich am besten für die Begriffsbestimmung der Species eigne, welches am besten die natürlichen Verhältnisse und die Anforderungen der Wissenschaft befriedige. Man hat schon verschiedene Verwandtschaftsgrade als die Grenzen für spezifische Unterscheidung in Anwendung bringen wollen. Die wichtigsten sind folgende:

1) Formen, deren Bastarde befruchtungsfähigen Pollen hervorbringen, gehören der nämlichen Art an.

2) Formen, deren Bastarde keimfähige Samen erzeugen, sind nicht spezifisch verschieden.

3) Formen, deren Bastarde eine vollkommene Fruchtbarkeit besitzen oder nach mehreren Generationen erreichen, so dass sie für die Dauer unserer Versuche vollkommen constant werden, sind als Varietäten derselben Species zu betrachten.

4) Formen, die in der Natur durch beständige (nicht hybride) Uebergangsformen verbunden sind, gehören als Varietäten zur gleichen Art.

5) Formen, die während einer Kultur von mehreren oder vielen Jahren sich unbeständig erweisen, und in einander übergehen, gehören zur gleichen Art, während constant bleibende spezifisch zu trennen sind.

Dass die beiden ersten Regeln für die Bestimmung der Species unbrauchbar sind, ist schon wiederholt ausgesprochen worden. Sie würden uns nöthigen, den Mandelbaum und den Pfirsichbaum, Aegilops ovata und Triticum vulgare spezifisch zu vereinigen und die Arten mancher Gattungen (Cirsium, Dianthus) oder Gattungssectionen in eine einzige zusammen zu ziehen.

Während uns die zwei ersten Regeln allzu umfangreiche Arten geben, verursacht die Durchführung der letzten Regel eine unheilvolle, nicht endigende Zersplitterung. Unter den Hieracien müssten z. B., wie oben erwähnt wurde, die Varietäten mit röhrigen Blüthen zu Arten erhoben werden, und unter den Kulturpflanzen wären die Racen, denen man durch künstliche Zuchtwahl nach 10 bis 20 Generationen einige Constanz verliehen hat, von denjenigen Pflanzen spezifisch zu trennen, aus denen sie vor nicht langer Zeit entstanden sind.

Zwischen diesen Extremen halten die dritte und vierte

Regel gewissermassen die Mitte. Eigentlich sind sie eine und dieselbe; sie unterscheiden sich nur dadurch von einander, dass die eine ihr Criterium in Kulturversuchen, die andere in Beobachtungen in der freien Natur findet. Ein mit vollkommener Fruchtbarkeit und unveränderter Beschaffenheit sich fortpflanzender Bastard wäre im Grunde nichts anderes als eine constante Zwischenform; und von manchen der Zwischenformen bleibt es, wie ich früher gezeigt habe, zweifelhaft, ob sie durch hybride Befruchtung oder auf anderem Wege (durch Transmutation) entstanden sind (Mittheilung vom 16. Febr.).

Wollten wir diese Regel für die Bestimmung der Species anwenden, wollten wir also Formen, die in Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft zu einander stehen, spezifisch vereinigen, so würde aus allen Piloselloiden eine einzige grosse Art werden, und alle oder jedenfalls die meisten einheimischen Arten von Archieracium namentlich z. B. H. alpinum, H. villosum, H. glanduliferum, H. murorum, H. prenanthoides, H. albidum müssten in eine einzige noch umfangreichere Species zusammen geschmiedet werden. Kein Botaniker dürfte an dergleichen denken.

Wir können daher, wenigstens für die Gattung Hieracium, die Species nicht so bestimmen, dass sie alle die Formen umfasse, welche durch constante (nicht hybride) Uebergangsformen verbunden sind. Wir müssen zu ihrer Umgrenzung auf den nächstfolgenden Verwandtschaftsgrad zurückgehen, und sie folgender Maassen definiren:

Zur nämlichen Art gehören alle Formen, die bloss unbestimmt umschrieben sind und sich nicht deutlich von einander abgrenzen. Spezifische Geltung kommt dagegen denjenigen constanten Formen zu, welche, wenn auch stellenweise durch beständige (nicht hybride) Uebergänge zusammenhängend, doch im Allgemeinen scharf begrenzt sind. Formen, die in

grenzloser Affinität zu einander stehen, müssen somit specifisch vereinigt, Formen, zwischen denen Uebergangs- oder Blendlingsverwandtschaft herrscht, spezifisch getrennt werden.

Fasse ich den Speciesbegriff in der soeben formulirten Weise, so muss ich Hieracium Pilosella, H. Hoppeanum Schult., H. Peleterianum Merat., H. velutinum Hegetschw., H. Pseudopilosella Ten. in eine Art vereinigen, ebenso H. florentinum All. mit H. praealtum Vill., ferner H. bupleuroides Gmel. mit H. glaucum All., ferner H. vulgatum Fries mit H. murorum Lin. Dagegen liessen sich andere Verschmelzungen, wie sie auch schon vorgeschlagen wurden, nicht mit der Definition in Uebereinstimmung bringen; man könnte nicht Hieracium pratense mit H. praealtum, H. cymosum mit H. praealtum, H. villosum mit H. alpinum, H. pallidum (H. Schmidtii) mit H. murorum spezifisch verbinden.

Die Anwendung dieses Speciesbegriffes ist nur für die synöcischen und prosöcischen Formen in allen Fällen möglich, denn bei ihnen muss sich das Vorhandensein oder der Mangel einer bestimmten Begrenzung sicher zeigen. Telöcische Formen haben in der Regel die Neigung zu schärferer Abgrenzung; für sie muss dessnahen die Analogie entscheiden. Das campestre Hieracium pratense, das alpine H. aurantiacum und das nordische H. Blyttianum sind telöcische Formen; aus dem Mangel an Zwischenformen und aus der deutlichen Begrenzung lässt sich desswegen noch kein unanfechtbarer Schluss auf spezifische Verschiedenheit ziehen. Noch weniger sind die gleichen Gründe bei Papaver alpinum albiflorum der nördlichen Alpen und P. a. flaviflorum (P. aurantiacum) der Centralalpen, sowie bei so vielen andern telöcischen und desswegen gut geschiedenen Varietäten, zur Begründung besonderer Arten entscheidend.

Die Anwendung des vorgeschlagenen Speciesbegriffes gewährt zwei Vortheile. Sie giebt einmal gut umschriebene,

natürliche Arten, welche durch die Beobachtung geprüft und festgestellt werden können. Sie giebt ferner Arten, welche mit den Linneischen und denen der strengern systematischen Schule übereinstimmen, welche somit am meisten dem historisch Gegebenen sich anschliessen.

Die vorgeschlagene Definition wird aber nicht bloss durch die genannten Vortheile empfohlen; sie wird geradezu aufgezwungen, weil es eine andere, die zu enger umgrenzten Arten führte, überhaupt nicht giebt. Ich habe bereits gezeigt, dass das Unterscheiden der Species nach der sogenannten Beständigkeit auf Unklarheit und Mangel an Kritik beruht. Wenn man aber H. Hoppeanum Schult. von H. Pilosella oder H. florentinum All. von H. praealtum auf irgend eine der gebräuchlichen Artdefinitionen hin spezifisch trennen wollte, so würde man sich bloss das Zeugniss ausstellen, dass man die genannten Formen nicht hinreichend kennt. Man verlässt sich jedoch weit mehr auf den subjektiven Takt als auf die strenge Anwendung eines Begriffes, und rechtfertigt die Trennungen und Vereinigungen mit dem Bewusstsein künstlerischer Begabung. Aber die Botanik soll nicht eine Kunst, sondern eine Wissenschaft sein, und auch von diesem Gesichtspunkte aus ist es unerlässlich, die allein übrigbleibende Definition anzunehmen und deren Anwendung zu versuchen.

Die soeben besprochenen Principien für die Unterscheidung der Arten gelten nur für die Hauptformen, d. h. für diejenigen, die nicht als Zwischenformen anderer in dem früher definirten Sinne angesehen werden können. Was die Zwischenformen betrifft, so habe ich bereits dargelegt, in welcher Weise dieselben nach meiner Ansicht zu behandeln sind, dass sie nämlich nicht als coordinirte Grössen in fortlaufender Nummer mit den Hauptarten aufgezählt, sondern als Zwischenarten mit besonderer Bezifferung eingereiht werden sollen. Es sind aber noch die beiden eingangs ge-

stellten Fragen zu entscheiden, ob die Zwischenformen zwischen zwei Hauptarten immer nur als eine einzige Zwischenart oder zuweilen auch als mehrere aufzuführen seien, ferner ob sie immer getrennt bleiben, oder zuweilen mit andern Zwischenarten vereinigt werden sollen.

Es giebt mehrere Fälle, wo die Zwischenformen zwischen zwei Hauptarten jetzt als zwei oder drei und mehr besondere Arten aufgezählt werden. Dafür besteht eine doppelte Veranlassung. Zwischen zwei sehr unähnlichen Arten A und B kann es zwei ziemlich verschiedene Formen geben, von denen die eine sich A, die andere sich B nähert, oder auch drei, nämlich eine Mittelform und zwei seitliche, zu A und B hinneigende. Ferner kann es zwischen zwei Arten A und B, von denen die eine in zwei Varietäten als As und At vorkommt, zwei ungleiche Mittelformen geben, eine, die zwischen As und B, und eine zweite, die zwischen At und B sich bewegt. Nach meiner Ansicht sollen im einen und im andern Fall die Zwischenformen in eine einzige Zwischenart vereinigt, innerhalb derselben aber als Varietäten unterschieden werden.

Anderseits wurden in mehreren Fällen sehr ähnliche Zwischenarten vereinigt. A und B seien zwei nah verwandte Species; zwischen denselben und der Art C bestehen Mittelformen, die ich der Kürze halber AC und BC nennen will. Da schon A und B einander ähnlich sind, so müssen es AC und BC noch viel mehr sein, und man begreift, dass sie spezifisch vereinigt worden sind. Allein eine solche Vereinigung scheint mir naturwidrig, und daher zu vermeiden, solange eine Trennung überhaupt möglich ist.

Nachdem ich die systematische Behandlung der Species weitläufiger erörtert habe, kann ich über diejenige der Varietäten kurz hinweggehen. Wie die Formen, welche die Gattung zusammensetzen, sich in Haupt- und Zwischenarten gliedern, so können wir auch die Formen, die als die

nächsten Unterabtheilungen der Species erscheinen und in grenzloser Verwandtschaft sich befinden, in zwei Kategorieen bringen. Die einen sind als selbständig nnd originell zu betrachten; sie können nicht als Zwischenformen anderer aufgefasst, nicht etwa aus hybrider Befruchtung abgeleitet werden. Dieselben müssen als Hauptvarietäten, die andern als Zwischenvarietäten aufgezählt werden. Dabei ist wohl selbstverständlich, dass wir als Varietät nicht jede Abweichung, sondern nur eine durch hinreichende Merkmale charakterisirte und vollkommen constante Form betrachten dürfen.

Ich habe die Verhältnisse der Constanz und der Verwandtschaft nach den durch den Versuch und die Beobachtung gewonnenen Thatsachen dargestellt und daraus den Begriff für die Species und die Varietät abgeleitet. Die Constanz und die Verwandtschaft zeigt eine unendliche Abstufung. Dem entsprechend treffen wir hie und da auf einen Fall, wo man mit gleichem Rechte eine Form noch als Varietät oder schon als Species ansehen kann.

Dieses Ergebniss entscheidet auch über die allgemeine theoretische Frage, ob die Arten absolut oder relativ verschieden, ob sie vollkommen unveränderlich oder in langen Zeitabschnitten einer Umwandlung fähig, ob sie als solche erschaffen oder durch Transmutation entstanden seien. Es giebt vielleicht keine Pflanzengattung, deren Studium in dieser Beziehung so instruktiv ist, als Hieracium. Desswegen erlaube ich mir noch einige Andeutungen, wie das Formengewirre in diesem Genus durch die Transmutation erklärt werden kann.

Von dem Process der Transmutation müssen wir uns folgende Vorstellung machen. Eine Pflanzenform fängt an zu variiren. Es bilden sich Abänderungen nach verschiedenen, z. B. nach drei Richtungen hin. Die Pflanzen, welche sich am weitesten von der ursprünglichen Form entfernt

haben, sind mit derselben und unter sich durch alle möglichen Zwischengebilde verbunden. Alle stellen zusammen eine chaotische und ungegliederte Masse, eine Form mit erweiterten Grenzen dar. Dieser Process der Variation und Divergenz oder der Grenzerweiterung kann ohne Ende fortdauern, wobei er aber bald lebhafter, bald träger von statten geht, oder er kann periodisch auf längere oder kürzere Zeit zu scheinbarer Ruhe kommen.

Sobald die Grenzerweiterung und mit ihr die Divergenz eine gewisse Höhe erreicht hat, und die Organisations- und Functionsverhältnisse der abweichendsten Formen bis auf einen gewissen Grad der Verschiedenheit sich ausgebildet haben, so beginnt der Kampf um die Existenz, wobei die eine Form unter den einen, die andere unter andern äussern Verhältnissen als die besser angepasste und somit als die stärkere erscheint. Dabei ist begreiflich, dass die extremen Formen sichere Aussicht haben, da oder dort die besten Anpassungen zu sein, dass dagegen die Mittelformen früher oder später vollständig verdrängt werden. Ich habe angenommen, dass die Abänderungen der ursprünglichen Form nach drei Richtungen erfolgten. In diesem Falle giebt es jedenfalls drei extreme überlebende Formen. Die ursprüngliche Form kann entweder in der Mitte liegen, dann wird sie als Zwischenform verdrängt; oder sie bildet zu den drei extremen Formen ein viertes Extrem und bleibt dann wie sie erhalten. Wenn die Extreme wenig verschieden sind, so werden die Zwischenglieder gleichzeitig unterdrückt. Liegen sie aber weit auseinander, so kann eine Mittelform oder es können zwei oder drei Zwischenformen meist mit ziemlich gleichen Abständen noch längere Zeit erhalten bleiben.

Sowie in dem frühern Formenchaos das Verdrängen einzelner Glieder und ganzer Gruppen beginnt, so treten die überlebenden Gruppen deutlicher hervor. Ihre Gestaltung ist anfänglich unbestimmt und verschwommen; mit der fort-

schreitenden Verdrängung der intermediären und abweichenden Gebilde werden sie nach und nach schärfer umgrenzt. Die chaotische Verwandtschaft geht in die grenzlose, diese in die Uebergangsverwandtschaft über. Zuletzt werden auch die noch übrig gebliebenen constanten Zwischenformen verdrängt; es bleiben nur die extremen oder Hauptformen übrig, welche aber wegen ihrer nahen Abstammungsverwandtschaft noch Bastarde zu bilden vermögen. Dieses Vermögen geht mit der Zeit, sowie die Formen noch mehr divergiren und durch eine lange Vererbung grössere Constanz gewonnen haben, ebenfalls verloren. Die Uebergangsverwandtschaft der Arten hat sich zur Bastardirungsverwandtschaft, diese zur bastardlosen Verwandtschaft erweitert.

Die ursprünglich eng umgrenzte Pflanzenform dehnt sich also zur chaotischen Formenmasse aus und indem die Erweiterung und Divergenz fortdauert, scheiden sich durch Verdrängung der übrigen Glieder einzelne Gruppen immer schärfer zu Varietäten, dann zu nahverwandten Arten, endlich zu entferntstehenden Arten aus. Dieser Process kann in jedem Theil und zu jeder Zeit wieder beginnen und eine neue Spaltung herbeiführen.

In der Gattung Hieracien finden wir alle Stadien dieses Entwickelungsprocesses; und die Gegner der Transmutation behaupten mit Unrecht, dass in der Gegenwart von einer Umwandlung nichts zu bemerken sei. Der Gletscher ist doch ein Strom, wenn man auch von dem Strömen nichts sieht. Die Transmutationsbewegung ist jedenfalls so langsam, dass sie unter Umständen selbst in Jahrtausenden wenig ausgiebt.

Zu den erst chaotisch erweiterten Formen gehört Hieracium Pilosella vulgare, soweit es die Behaarung und die Färbung auf der untern Seite der Randblüthen betrifft. Man hat innerhalb dieser Form mehrere Varietäten unterschieden; man hat eine derselben (H. velutinum Heg.)

selbst zum Rang der Species erhoben. Das Vorkommen rechtfertigt diess nicht. Eine Gliederung in dem Chaos hat, wenigstens soweit meine Beobachtungen reichen, noch nicht stattgefunden, und zur Unterscheidung von wirklichen Varietäten ist daher kein Grund vorhanden.

Zu den Formenkreisen, in denen die einzelnen Gruppen sich erst undeutlich herausheben und noch nicht bestimmt umgrenzt sind, ist Hieracium Pilosella zu rechnen, in dem Sinne, wie es von Fries genommen wird. H. Hoppeanum Schult., H. Peleterianum Merat., H. Pseudopilosella Ten. sind durch Verdrängung der Zwischenformen noch nicht soweit isolirt, um als Arten erklärt werden zu dürfen.

Formen, die durch Verdrängung der abweichenden nächst verwandten Gebilde mit scharfer und bestimmter Umgrenzung auftreten, zwischen denen aber noch isolirte Zwischenformen vorhanden sind, finden wir z. B. in H. Auricula, H. aurantiacum, H. Pilosella etc., oder in H. murorum, H. villosum, H. glaucum. Dagegen bleibt es von H. Auricula und H. glaciale oder von H. murorum und H. vulgatum fast zweifelhaft, ob wir sie den vorhergehenden oder diesem Stadium einreihen sollen.

Als Arten, zwischen denen keine constanten Zwischenformen mehr bestehen, die aber wohl noch Bastarde bilden können, dürfen wir wahrscheinlich H. alpinum und H. villosum, H. alpinum und H. glaucum, H. murorum und H. umbellatum etc. nennen. Dagegen haben sich die Sectionen Pilosella (Piloselloiden), Archieracium und Stenotheca (H. staticifolium) soweit von einander entfernt, dass die hybride Befruchtung zwischen ihnen unmöglich geworden ist.

Herr Nägeli theilt ferner die Fortsetzung

„Ueber die Versuche, betreffend die Capillarwirkungen bei vermindertem Luftdrucke"

mit. (Vergl. Heft 3, S. 353 dieses Bandes.)

(Hiezu zwei Tafeln.)

Die in meiner Mittheilung vom 10. März erwähnten Thatsachen stellen den Zusammenhang zwischen der Verdunstung und der Steighöhe bei vermindertem Luftdrucke ausser Zweifel. Sie geben aber doch der Vermuthung Raum, dass die beobachteten Niveauveränderungen nicht einzig und allein durch Dampfspannung bewirkt werden, sondern zum Theil durch innere Ursachen bedingt sein möchten. Denn selbst die Versuche mit den oben abgebrochenen Röhren beweisen zunächst nur, dass ohne die Mitwirkung der Dämpfe ein augenfälliges Sinken des Niveau's nicht erfolgt. Das Bestreben zu sinken könnte aber nichtsdestoweniger vorhanden sein, etwa ähnlich wie in den nämlichen Röhren bei Temperaturen unter Null das Bestreben zu gefrieren. Wie beim Gefrieren eine starke mechanische Erschütterung, ein elektrischer Schlag u. dgl., so könnte in unserem Falle der Druck der Dämpfe den erforderlichen Anstoss geben; er würde die Bewegung einleiten und sodann die andern motorischen Kräfte in ihrer Wirkung unterstützen. Diese Möglichkeiten veranlassten uns, die Spannungen, welche die Dämpfe in Capillarröhren erreichen, durch direkte Messung zu ermitteln und hierauf zu untersuchen, ob die beobachteten Niveauveränderungen damit übereinstimmen.

Zu diesem Behufe wurde zunächst ein Apparat construirt, wie er in Fig. 2 in ½ natürlicher Grösse dargestellt ist. Derselbe besteht aus einer etwa zolllangen Spindel S, welche seitlich mit dem heberförmig gebogenen Manometer

M communicirt und nach unten und oben in die Capillarröhren A und B übergeht. Diese letzteren waren anfänglich die ausgezogenen Enden der Spindel und daher zunächst der Ansatzstelle ziemlich stark kegelförmig. Später, als eine möglichst gleichmässige Weite wünschenswerth erschien, wurden dieselben abgebrochen und dafür Stücke längerer Röhren von annähernd cylindrischer Form eingekittet. Die obere Röhre (B) diente bei den Versuchen zur Ableitung der Dämpfe, die untere tauchte in ein Reagensgläschen mit Wasser oder wurde auch, wie es in der Figur dargestellt ist, ganz oder theilweise mit Wasser gefüllt und dann unten verschlossen. Als Verschlussmittel bewährte sich dicker Gummischleim, welcher durch wiederholtes Eintauchen in geröstetes Stärkemehl oder pulverisirtes Gummi rasch zum Trocknen gebracht wurde, am besten. Mit andern Mitteln, wie Wachs oder Stearin, desgleichen beim Zuschmelzen war es nicht möglich, den Eintritt oder die Ausscheidung von Luft vollständig zu verhindern. Die Manometerröhre, welche ebenfalls hermetisch in die Spindel eingekittet war, hatte eine Weite von c. 2 M.M.; sie war bis auf ungefähr halbe Höhe mit fettem Oel gefüllt und gestattete einen Spielraum von 112 M.M. für die zu beobachtenden Niveaudifferenzen. Diese letzteren sind offenbar das Maass für die in der Spindel vorhandenen Spannungen.

Ein anderer Apparat (Fig. 3), an welchem in gleicher Weise zwei Manometer (I und II) angebracht waren, diente zur Bestimmung der Spannungen an zwei verschiedenen Punkten der Abzugsröhre. Die beiden Röhrenstücke B und B' wurden zu diesem Zwecke möglichst gleich gewählt, es waren die symmetrischen Hälften einer längern Röhre. Die Röhre A wurde wie im vorhergehenden Falle in ein Reagensgläschen mit Wasser getaucht oder nach dem Füllen mit Wasser unten verschlossen. Die durch Verdunstung gebildeten Dämpfe gelangten also durch die Röhre A in die

untere Spindel, von da durch die Abzugsröhre B in die obere und endlich durch eine gleiche Röhre B′ in den Recipienten [1]).

Da die Ausgleichung der Spannungen zwischen den Manometerspindeln und dem Recipienten durch Capillarröhren von so geringem Durchmesser, wie wir sie in Anwendung brachten, äusserst langsam erfolgt, so musste beim Gebrauche der Apparate sowohl das Auspumpen als das Wiedereinlassen von Luft behutsam geschehen. Der Rückstoss ist hier wegen der Spindelerweiterungen so bedeutend, dass schon ein kurzer Kolbenzug das Oel in den Manometern sofort zum Ausfliessen bringt und das Niveau in der Capillarröhre, sofern letztere unten offen ist, bis zum untern Ende zurückdrängt. Es bedurfte oft einer vollen halben Stunde, um den Barometerstand bis auf 8 oder 10 M.M., wo der Rückstoss schwächer wird, herunterzubringen, während diess sonst durch drei Kolbenzüge erreicht wird.

Die Beobachtungen, welche mit Hülfe dieser Apparate angestellt wurden, gaben indess zunächst nur über die Spannungen Aufschluss, welche in den spindelförmigen Erweiterungen und in den damit verbundenen Manometern vorhanden waren, d. h. sie gaben die Ordinaten für zwei Punkte der im Uebrigen unbekannten Spannungscurve. Wie die Spannungen im Innern der Röhre, wo die strömenden Dämpfe in lebhafter Bewegung begriffen sind und beträchtliche Reibungswiderstände zu überwinden haben, von unten nach

---

1) Die beschriebenen Manometerapparate wurden in den Recipienten gebracht, dessen ich in der letzten Mittheilung erwähnte und mit dem alle unsere Versuche angestellt wurden. Er ist in Fig. 1 abgebildet. R ist das Reagensgläschen, in welchem sich diessmal Oel (o) über dem Wasser (a) befindet; die Capillarröhre (c), die unten ins Wasser taucht, ist oben an der den Kautschukpfropfen durchbohrenden Stricknadel befestigt.

oben abnehmen und welche Höhe sie demzufolge über dem Wasserniveau erreichen müssen, — das liess sich aus den beobachteten Manometerständen nicht unmittelbar erschliessen, sondern musste durch besondere Untersuchungen ermittelt werden. Es mag daher eine kurze Erörterung der Spannungsverhältnisse, wie sie beim Strömen der Gase durch Capillarröhren, in welchen grössere Erweiterungen vorkommen, eintreten müssen, der Mittheilung unserer Beobachtungen vorausgehen.

Wenn ein Gas unter einem beliebigen, aber constanten Drucke H in einer Röhrenleitung strömt, so nimmt es in jedem Querschnitt eine constante mittlere Geschwindigkeit an, welche jedoch in der Richtung des Stromes im umgekehrten Verhältniss zu dem allmählich kleiner werdenden Drucke sich steigert und überdiess mit der Weite der Röhre variirt. In cylindrischen Röhren nimmt diese Geschwindigkeit continuirlich zu, weil die Lufttheilchen mit abnehmendem Drucke sich weiter von einander entfernen; in nichtcylindrischen ist sie überdiess der Grösse des Querschnittes umgekehrt proportional. In dieser letztern Beziehung verhalten sich also die Gase ganz wie die Flüssigkeiten. Uebrigens ist an und für sich klar, dass diess nicht anders sein kann.

Auch mit Rücksicht auf die Spannungen bestehen voraussichtlich mancherlei Analogieen. Denken wir uns z. B., der stromerhaltende Druck werde auf einen grossen luftführenden Behälter ausgeübt, mit welchem die Röhrenleitung in Verbindung steht, so ist einleuchtend, dass die Lufttheilchen, ähnlich wie unter gleichen Verhältnissen die Flüssigkeitstheilchen, beim Eintritt in die Röhre, wo sie aus dem Zustande der Ruhe in den der Bewegung übergehen, an Spannkraft verlieren, was sie an lebendiger Kraft gewinnen. Die dem Drucke entsprechende Spannung H im Behälter sinkt also am Anfang der Röhre auf eine geringere

Höhe H—h herunter, wenn nämlich h die Kraftgrösse bezeichnet, welche hiebei in Bewegung umgesetzt wird. Je rascher die Bewegung, um so grösser ist natürlich der Verlust an Spannkraft, da die Kraft s u m m e, welche die Strömungsgeschwindigkeit und die Spannung zusammengenommen repräsentiren, nach dem Princip der Erhaltung der Kraft dieselbe bleibt. Diese Kraftsumme oder Gesammtkraft nimmt nun aber nothwendig von Querschnitt zu Querschnitt ab, weil in Folge der Widerstände, welche die Röhrenwandungen darbieten, auf jede Längeneinheit ein Theil des vorhandenen Kraftvorrathes geopfert, d. h. von den Lufttheilchen auf die Wandungen übertragen wird. Es ist ferner einleuchtend, dass diese Abnahme in grössern Erweiterungen, welche in die Röhrenleitung eingeschaltet sind, sich durch eine entsprechende Verminderung der Spannungen kundgeben muss. Denn sind diese Erweiterungen, wie diess bei unsern Apparaten der Fall ist, so gross, dass man die Luft in denselben ohne merklichen Fehler als ruhend betrachten kann, so wird die Bewegungsgeschwindigkeit hier offenbar wieder ganz in Spannkraft umgesetzt. Die Manometer geben daher eine Spannung an, welche diejenige der Röhrenmündung um eine der Strömungsgeschwindigkeit entsprechende Höhe übertrifft und folglich der Gesammtkraft, womit die strömenden Lufttheilchen vermöge ihrer Spannung u n d Bewegung ausgestattet sind, gleichkommt.

Die Kraft betreffend, welche die Luftströmung zunächst der in den Recipienten mündenden Ausflussöffnung noch besitzt, so lässt sich dieselbe auf theoretischem Wege nicht ohne Weiteres bestimmen. Es wäre diess nur dann möglich, wenn der Beharrungszustand, den wir in der Röhre voraussetzen, auch mit Rücksicht auf den Recipienten vorhanden wäre, was natürlich nicht der Fall. Die Luftströmung leistet, nachdem sie die Röhre verlassen, noch eine gewisse Arbeit, indem sie die im Wege stehenden Lufttheilchen vor sich

her schiebt und comprimirt. Die Kraftsumme, welche sie repräsentirt, ist daher nothwendig grösser als die Spannung im Recipienten, und da sie voraussichtlich mit der Strömungsgeschwindigkeit zu- und abnimmt, so muss sie in jedem gegebenen Falle aus den Beobachtungen erschlossen werden.

Zur richtigen Deutung der Beobachtungen, die sich bei unsern Versuchen nur auf die durch die Spannungen gegebenen Kraftsummen in den beiden spindelförmigen Erweiterungen (Fig. 3) beziehen konnten, bleibt nun aber zu ermitteln übrig, wie diese Kraftsummen innerhalb der Röhre sich ändern, d. h. nach welchem Gesetz sie gegen die Mündung hin abnehmen. Um diese Frage, welche bis jetzt bloss für weite Röhren gestellt worden war, zu beantworten, wurden durch besondere Versuche mittelst eines Aspirators die Luftmengen bestimmt, welche bei constantem Drucke durch Capillarröhren von gleichem Durchmesser und verschiedener Länge hindurchströmen. Die Versuche ergaben übereinstimmend, dass diese Luftmengen der Röhrenlänge umgekehrt proportional sind oder, was dasselbe ist, dass die Ausflusszeiten für die nämliche Luftmenge sich verhalten wie die Röhrenlängen. Bei einer Röhre von 350 M.M. Länge, welche in der Mitte 0,15 und an den Enden 0,18 M.M. Durchmesser hatte, sank z. B. das Niveau des Aspirators in $1\frac{1}{2}$ Stunden um 10 M.M., bei einem zweiten Versuch, nachdem die Röhre in der Mitte abgebrochen (also in zwei symmetrische Hälften getheilt) war, in $\frac{3}{4}$ Stunden ebenfalls genau um 10 M.M. Die Strömungsgeschwindigkeit war also doppelt so gross.

Zu demselben Ergebniss führten auch die Versuche, welche mit Röhren bis zu 0,35 M.M. Weite und sehr verschiedener Länge angestellt wurden. Die Vergleichung der Ausflussmengen, welche dieselbe Röhre unter verschiedenen Druckhöhen, sowie verschiedene Röhren bei gleicher Druckhöhe lieferten, stellte überdiess heraus, dass die Strom-

geschwindigkeit dem Drucke genau proportional und dem Quadrate des Durchmessers wenigstens annähernd. proportional ist. Die Ausflussmengen verhalten sich nämlich unter übrigens gleichen Umständen nahezu wie die vierten Potenzen der Durchmesser. Folgende Ziffern mögen hiefür als Belege dienen.

Mittlerer Durchmesser der Röhre in M.M.	Länge der Röhre in M.M.	Druckhöhe in M.M. Wasser.	Ausflussmenge in Cub. Cent. per Minute.	Verhältniss der 4. Potenzen der Durchmesser.	Verhältniss der Ausflussmengen.
0,356	96	300	31	19,2	19,4
0,286	230	300	6	8	7,8
0,170	175	300	0,926	1	1,
0,295	78,5	69,5	4,166	3,48	3,46
0,216	104	69,5	0,91	1	1

Das Strömen der Luft durch capillare Röhren geschieht hienach in den wesentlichsten Punkten nach denselben Gesetzen wie das Strömen der Flüssigkeiten [2]). Wie bei diesen, so nehmen auch hier die Widerstände, welche die strömenden Theilchen zu überwinden haben, von Querschnitt zu Querschnitt ab, wie die Ordinaten einer geraden Linie. In derselben Weise erfolgt daher nothwendig auch die Abnahme der Kräfte, welche die Strömung unterhalten, und wo diese

2) In weiten Röhren verhalten sich nach den Versuchen von Girard die Ausflussmengen direkt wie die Druckhöhen und umgekehrt wie die Quadrate der Röhrenlängen. (Vgl. Wüllner, Lehrb. der Experimentalphysik p. 352.) Der Einfluss der Röhrenlänge ist also je nach der Weite der Röhre verschieden. Dagegen scheint die Dichtigkeit der Gase, d. h. das spezifische Gewicht derselben, die Strömungsgeschwindigkeit in weiten wie in engen Röhren nicht zu modificiren. Wenigstens strömt das Wasserstoffgas durch Capillarröhren mit derselben Geschwindigkeit, wie die atmosphärische Luft.

Kräfte, wie in den spindelförmigen Erweiterungen unserer Apparate sich als Spannung kundgeben, die Abnahme der entsprechenden Manometerstände. Die absolute Grösse der Differenzen, welche auf eine bestimmte Länge einer gegebenen Röhre fallen, mag hiebei je nach der Geschwindigkeit, mit welcher die Lufttheilchen sich in der Röhre bewegen, grösser oder kleiner ausfallen, die Veränderung der Gesammtkraft also bald rascher und bald langsamer erfolgen: es gilt unter allen Umständen dasselbe Gesetz.

Zum Ueberfluss mögen hier noch einige Versuche Erwähnung finden, welche wir nachträglich anstellten, um die Richtigkeit dieses aus den Ausflussmengen abgeleiteten Gesetzes in direkter Weise zu bestätigen. Die Versuche wurden mittelst eines Apparates, welcher dem in Fig. 3 dargestellten in der Construction ähnlich, dabei aber mit drei Manometern versehen war, ausgeführt und ergaben bei verschiedenen Barometerständen die in folgender Tabelle zusammengestellten, sämmtlich in Millimetern ausgedrückten Spannungswerthe. Das strömende Gas war bis auf 10 M.M. Barometerstand Luft oder doch vorwiegend Luft, bei tiefern Barometerständen dagegen ausschliesslich Wasserdampf. Temperatur = 16° C.

Barometerstand.	Man. I.	Man. II.	Man. III.
gewöhnlicher Luftdruck	153	101	50,5
„ „	151	99	50
„ „	148	98	49
„ „	146	97	48,5
c. 250 M.M.	129	90	49
10 „	124	95	64
6 „	116	100	85
5 „	116	104	90

Hiezu ist zu bemerken, dass die drei Abzugsröhren je 112 M.M. lang und fast genau cylindrisch waren. Bei einer derselben variirte der Durchmesser nur zwischen 0,142 und 0,144 M.M., bei den beiden andern zwischen 0,140 und 0,145 M.M. Die Luftmengen, welche unter gleichem Drucke und bei gleicher Temperatur durch diese Röhren hindurch strömten, waren bis auf die unvermeidlichen Fehler einander gleich. — Die genauesten Messungen der Manometerstände beziehen sich auf die Strömung bei gewöhnlichem Luftdrucke, weil hier Beharrungszustände eintreten, welche stundenlang andauern, während unter der Luftpumpe kleinere Schwankungen und somit auch Abweichungen vom Beharrungszustand nicht zu vermeiden sind. Berücksichtigt man diess, so dürften obige Ziffern einen genügenden Beweis dafür liefern, dass die Spannungsdifferenzen zwischen je zwei Manometern einander gleich sind, dass somit die Spannungen (welche hier die Gesammtkraft repräsentiren) gegen die Mündung hin abnehmen, wie die Ordinaten einer geraden Linie.

Man hat also, um die Abnahme der Gesammtkraft in der Capillarröhre graphisch darzustellen, nur nöthig, die Spannungen an zwei Stellen, wo die Bewegungsgeschwindigkeit gleich Null ist, zu messen, die entsprechenden Röhrenlängen als Abscissen und die gemessenen Grössen als Ordinaten auf eine beliebige Axe aufzutragen: die gerade Linie, welche die Endpunkte der Ordinaten verbindet, ist alsdann die Kraftlinie.

Wie sich die Gesammtkraft, welche die Luftströmung in einem bestimmten Punkte repräsentirt, auf die Bewegungsgeschwindigkeit und die Spannung vertheilt, ist für unsern Zweck gleichgültig, weil der Rückstoss, den die Verdunstung der capillaren Wassersäule hervorruft, unter allen Umständen durch die Gesammtkraft des Wasserdampfes,

nicht bloss durch seine Spannkraft, bedingt wird[3]). Denn es ist einleuchtend, dass auch die Kraft, welche an der Oberfläche des Wassers thätig ist, um die verdunstenden Theilchen desselben nach oben zu treiben, nach der entgegengesetzten Richtung hin eine äquivalente Wirkung hervorbringt und folglich den durch die Spannung bedingten Rückstoss verstärkt.

Die Maassbestimmung der Spannungen an zwei verschiedenen Punkten wurde nun mit Hülfe des Apparates Fig. 3 unter denselben Bedingungen, d. h. bei gleichen Barometerständen und Temperaturen, wie die früher besprochenen Versuche über das Sinken des capillaren Wasserniveaus, möglichst sorgfältig ausgeführt. Die beiden Abzugsröhren B und B′ waren symmetrische Hälften einer längern Röhre; sie hatten eine Länge von je 113 M.M. und eine mittlere Weite von 0,17 M.M. und erwiesen sich bei der Prüfung mittelst des Aspirators als vollkommen gleich.

---

3) Das Verhältniss der Bewegungsgeschwindigkeit zur Spannung lässt sich annähernd aus den Daten über die Ausflussmengen bei gegebenen Druckhöhen berechnen. Bei den Versuchen mit dem oben erwähnten Apparat mit 3 Manometern strömte z. B. unter einem Drucke von 136 M.M Wasser durch die $3 \times 112 = 336$ M.M. lange und 0,143 M.M. weite Röhre eine Luftmenge von 50 Cub. Cent. in $6^1/_2$ Stunden, woraus sich eine mittlere Geschwindigkeit von 131 M.M. per Sekunde ergiebt. Unter denselben Verhältnissen strömt aber die Luft durch eine feine Oeffnung, wenn die Spannung vollständig in Bewegung umgesetzt wird, mit einer Geschwindigkeit, welche sich nach der bekannten Formel $v = \sqrt{2gh}$ bestimmen lässt. In unserem Falle erhält man, da 136 M.M. Wasser = 10 M.M. Quecksilber

$$v = \sqrt{2 \cdot 9{,}808 \frac{0{,}76 \cdot 13{,}59}{0{,}001293}} \sqrt{\frac{0{,}77 - 0{,}76}{0{,}77}} = 396 \frac{1}{8{,}78} = 45{,}1 \text{ Met.}$$

Die Strömungsgeschwindigkeit in der Capillarröhre verhält sich also zu derjenigen, welche die volle Spannung repräsentirt, wie 131 : 45100 = 1 : 344.

Durch jede derselben strömten bei einer Druckhöhe von 300 M.M. Wasser 86—86,5 Cub. Cent. Luft per Stunde. Die Wasserröhre A war von ungefähr gleicher Weite und bis auf einige Millimeter mit Wasser gefüllt. Nach dem vorsichtigen Auspumpen der Luft, welche aus den Manometerspindeln nur langsam entweichen konnte, wurde der Barometerstand längere Zeit auf dem erreichbaren Minimum von ungefähr 1 M.M. erhalten, bis die Spannung in den Manometern eine constante Höhe erreicht hatte. Die geringern Spannungen wurden gewöhnlich beim Stehenlassen, wobei der Barometerstand sich allmählich veränderte, zur Controle aber auch bei fortgesetztem langsamem Pumpen, wodurch derselbe constant erhalten wurde, beobachtet und nahezu übereinstimmend gefunden. In folgender Uebersicht sind einige der hiebei beobachteten Zahlenverhältnisse zusammengestellt. Längenmaasse in Millimetern, Temperatur = 8,5 C.

Barometer.		Manometer I.	Manometer II.	Abnahme der Spannung auf 100 M M. Röhrenlänge.
a	1	86	58	25
b	1,2	80	54	23
c	1,4	75	42	29
d	1,5	72	38	30
e	2	62	31	27
f	4,5	43	19	21
g	8	29	10	17
h	9	26	8	16

Die graphische Darstellung dieser Spannungsverhältnisse (Fig. 4, Röhrenlängen und Manometerhöhen in $^3/_4$ nat. Grösse) zeigt uns zunächst, dass die Gesammtkraft am Ende der Röhre mit den Manometerständen ab- und zunimmt

und dass sie bei niederen Spannungen sogar unter Null, d. h. unter die Grösse heruntersinkt, welche der Spannung im Recipienten entspricht. Diese letztere Thatsache erscheint auf den ersten Blick absurd, weil negative Kraftwerthe mit einer Strömung nach aussen unvereinbar sind; sie erklärt sich aber, wenn man bedenkt, dass zwischen Luft und Dampf[4]) Diffusionsströmungen stattfinden, welche bei niedern Spannungen sich auch auf die Abflussröhre erstrecken und hier immer weiter nach innen fortschreiten. Ein Theil der Kraft fällt alsdann offenbar auf den gegenläufigen Luftstrom und zwar ein um so grösserer, je niederer die Barometerstände. Damit stimmt überein, dass beim Strömen von Luft in Luft während des Auspumpens oder bei Anwendung des Aspirators jene negativen Kraftwerthe nie vorkommen.

Die Abnahme der Spannungen in der Richtnng des Stromes ändert sich, wie man aus der letzten Columne ersieht und wie bereits oben hervorgehoben wurde, mit dem äussern Luftdruck und mit der damit zusammenhängenden Lebhaftigkeit der Verdunstung. In der graphischen Dar-

---

4) Die Verdunstung des Wassers in der Capillarröhre A erfolgt bei niedern Barometerständen so rasch, dass der sich entwickelnde Wasserdampf die im Apparate Fig. 3 enthaltene Luft jedenfalls sehr bald verdrängt. Eine Röhre von 0,15 M.M. Weite verdunstete z. B. bei einem Barometerstande von 7 M.M. und einer Temperatur von 18° C. in je 5 Minuten 1 M.M. Wasser, wobei das untere Manometer auf einer mittlern Höhe von 104 M.M. Oel = 7 M.M. Quecksilber stehen blieb. Das Volumen des Wasserdampfes berechnet sich unter diesen Verhältnissen, wenn man dasjenige des Wassers = 1 setzt, auf c. 70,000, eine Dampfmenge, welche offenbar ausreicht, um den Apparat binnen kurzer Zeit vollständig auszufüllen.

Der Recipient enthält dagegen immer ein Gemisch von Luft und Wasserdampf, in welchem je nach Umständen der letztere oder die erstere vorwiegt.

stellung beträgt die Neigung der Kraftlinie bei 1 M.M. Barometerstand 15—16° und sinkt beim Stehenlassen, kleinere Schwankungen abgerechnet, allmählich tiefer. Aus der Vergleichung mit andern Beobachtungsreihen, wobei die Luftpumpe etwas Wasser condensirt hatte, so dass in Folge dessen der Barometerstand nicht unter 2—2½ M.M. gebracht werden konnte, geht übrigens hervor, dass der Wassergehalt der äussern Luft den fraglichen Neigungswinkel unter übrigens gleichen Umständen wesentlich modificirt. Auch ist an und für sich klar, dass es nicht gleichgültig sein kann, ob der Barometerstand im Recipienten durch trockene Luft oder vielleicht zum grössern Theil durch Wasserdämpfe bedingt sei.

Auf die Neigung der Kraftlinie hat überdiess das Verhältniss Einfluss, in welchem die Spannung im untern Manometer zu derjenigen im Recipienten steht, und wir bemerken ausdrücklich, dass der bezeichnete Winkel von 15—16° nur den Bedingungen entspricht, wie sie bei unsern Versuchen unter der Luftpumpe gegeben waren.

Die Strömung bei gewöhnlichem Luftdrucke ergiebt unter übrigens gleichen Umständen ein anderes Resultat. Wird z. B. der oben erwähnte, mit 3 Manometern versehene Apparat mit einem Gefäss in Verbindung gebracht, in welchem die Luft unter einem Druck von 50 bis 150 M.M. Wasser steht, so dass das erste Manometer (I) eine entsprechende Spannung in Oel angiebt, so erhält man eine Kraftlinie, welche bei der Röhrenmündung unter allen Umständen auf Null herunter sinkt, der Druck mag innerhalb der angegebenen Grenzen grösser oder kleiner sein. Selbst wenn die Druckhöhe auf 180—200 M.M. Wasser gesteigert wird, erhebt sich die Kraftlinie nur etwa 5—6 M.M. über das Röhrenende[5]). Diess giebt Neigungen, welche für die grössern

5) Die Thatsache, dass die Ordinate der Kraftlinie für die dem Röhrenende entsprechende Abscisse bis zu einer Druckhöhe von

Druckhöhen den oben bezeichneten Winkel von 15—16° bedeutend übertreffen. Uebrigens zeigen schon die in der vorletzten Tabelle mitgetheilten Daten zur Genüge, wie sehr das Verhältniss der Spannungen am einen und andern Röhrenende ins Gewicht fällt.

Dagegen scheint die Weite der Röhre innerhalb gewisser Grenzen und unter den speziellen Bedingungen, welche bei unseren Versuchen gegeben waren, ohne erheblichen Einfluss zu sein. Beobachtungen mit Röhren, welche bei gleicher Länge ungefähr doppelt so weit (0,38 und 0,36 M.M.) waren als die bis dahin benutzten, ergaben für die Strömung der Wasserdämpfe im verdünnten Raum ganz ähnliche Zahlenverhältnisse und in der graphischen Darstellung ähnliche Neigungen, wie die soeben besprochenen. Bei einem Barometerstand von 1 M.M. betrug z. B. diese Neigung ebenfalls 15° und bei 4,5 M.M. noch 7°.

Nach diesen Erörterungen mögen zunächst einige Messungen folgen, welche in der Absicht unternommen wurden, die Abhängigkeit des möglichen Rückstosses von der Länge des vorstehenden Röhrenstückes zu prüfen. Wir bedienten uns hiezu des in Fig. 2 abgebildeten Apparates. Die capillare Abflussröhre (B) hatte eine Länge von 162 M.M. und eine Weite, welche in der Mitte 0,183 M.M. betrug und sich gegen die Enden auf 0,201 M.M. steigerte. Die Röhre (A), welche ziemlich tief in die Spindel hineinragte, war bis auf wenige M.M. gefüllt und am untern Ende verschlossen. Nach dem Auspumpen auf c. 1 M.M. Barometerstand sank das Niveau in Folge der Verdunstung in je 5 Minuten um einen halben Millimeter (Temperatur = 7° C.) und das Manometer erreichte eine Höhe von 80—82 M.M., auf welcher es eine

---

200 M.M. Wasser = 0 oder doch nahezu = 0 ist, führt überdiess zu dem Schluss, dass die durch die Reibung verursachten Verluste mit der Strömungsgeschwindigkeit zu- und abnehmen.

volle halbe Stunde erhalten wurde. In Wasser ausgedrückt, reducirt, sich diese Spannung auf 74 M.M., d. h. sie ist im Stande, einer Wassersäule von dieser Höhe das Gleichgewicht zu halten und folglich das Niveau in Capillarröhren um die nämliche Grösse zurückzudrängen.

Die Ausflussröhre wurde jetzt nach einander auf $^3/_4$, $^1/_2$, $^1/_4$ und $^1/_8$ ihrer ursprünglichen Länge reducirt und die Wasserröhre A jedesmal neu gefüllt. Die Spannungen, welche hiebei unter annähernd gleichen Bedingungen eintraten, waren auffallender Weise nur wenig verschieden; sie variirten je nach der Temperatur zwischen 76 und 80 M.M. Dagegen erreichte die Verdunstungsgeschwindigkeit bei halber Röhrenlänge genau die doppelte und bei $^1/_4$ die vierfache Höhe, und dasselbe Verhältniss lässt sich auch für ganz kurze Röhren von 10 und 20 M.M. Länge aus den erhaltenen Daten ableiten, wenn man das beim Auspumpen und während der Dauer der Beobachtungen entleerte Stück der Wasserröhre A mit in Rechnung bringt. Die beobachteten Grössen sind in nachfolgender Uebersicht (die Längenmaasse in Millimetern) zusammengestellt.

Länge der Abzugsröhre	162	122	82	41	20	11
Barometer	1	1	1	1	1	1
Temperatur nach C.	7°	8,25°	8,25°	7,5°	7,5°	7,25°
Verdunst. in 5 Minuten	0,5	0,7	1	2	3,5	6
Manometer	81	80	79	79	78	60

Diese Thatsachen beweisen, dass die Wasserdämpfe unter Bedingungen, wie wir sie hier im Auge haben, schon bei einem verhältnissmässig geringen Abstande der verdunstenden Fläche vom Röhrenende und bei einer Temperatur von nur 7—8° C. einen continuirlichen Druck von ungefähr 75 M.M. in Wasser auszuüben vermögen. Sie entwickeln

hienach nicht weniger als $^3/_4$ der vollen Spannkraft, die sie unter gleichen Bedingungen in einer oben geschlossenen Röhre erreichen würden.

Um indess noch direktere Anhaltspunkte für die Grösse des Rückstosses zu gewinnen, wurden Versuche mit dem Apparat Fig. 3 in der Art angestellt, dass die unten offene Capillarröhre A in Wasser tauchte. Zur Verhütung der Verdunstung im weitern Gefäss wurde nach dem Eintauchen eine Schicht von 10—20 M.M. Oel aufgegossen, und dann langsam und vorsichtig ausgepumpt. Die Verdünnung konnte auf diese Weise zu wiederholten Malen bis auf 1 M.M. Barometerstand gebracht werden, während allerdings in andern Fällen das Wasser unter dem Oel zu kochen begann. — Bei dieser Einrichtung des Apparates war es möglich, die Wirkung der Wasserdämpfe auf das capillare Niveau aus den beobachteten beiden Manometerständen jedenfalls sehr annähernd zu bestimmen; es musste sich also zeigen, ob die Niveauveränderungen in der Capillarröhre damit übereinstimmen.

In einem bestimmten Falle ergab die Beobachtung Folgendes. Die Capillarröhre tauchte in ein Reagensgläschen mit Wasser, auf welches 20 M.M. Oel aufgegossen war. Der Nullpunkt für die Steighöhe lag hienach (das spezif. Gewicht des Oels zu 0,92 gerechnet) 1,6 M.M. unter der Oberfläche des Oels. Die Steighöhe in der Capillarröhre betrug 100,6 M.M.; das capillare Wasserniveau war noch 17 M.M. vom obern Ende entfernt. Nach dem Auspumpen sank dasselbe ziemlich rasch bis zum Niveau des Oels und bei fortgesetztem Pumpen langsam weitere 12 M.M. Die Niveauveränderungen wurden nebst den entsprechenden Manometerständen von Zeit zu Zeit gemessen; die Ergebnisse sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Zur genauen Vergleichung sind in der dritten Columne (Niveaudifferenz) überdiess die Spannungen in Oel beigefügt, welche unmittelbar über dem

Meniscus vorhanden sein müssen, um die beobachteten Niveaudifferenzen hervorzurufen. Als Differenz ist hiebei die Grösse zu verstehen, um welche das zurückgedrängte Niveau tiefer steht, als es der in gleicher Höhe gemessenen Röhrenweite entsprechen würde. So ist z. B. die Weite der Röhre in ihrem untern Theile = 0,266 M.M., die entsprechende Steighöhe = 112 M.M., folglich die Niveaudifferenz, wenn das Wasser auf Null d. h. 1,6 M.M. unter dem Oel steht, = 112 M.M. In diesem Sinne sind die Differenzen in der folgenden Uebersicht berechnet und sodann durch 0,92 dividirt worden, um sie auf Oel zu reduciren. Die Temperatur schwankte während der Beobachtung zwischen 10,6 und 10,75° C.

Röhrenweite.	Steighöhe.	Niveaudifferenz auf Oel reducirt.	Man. I.	Man. II.	Barometer.
298	+ 100,6	0	0	0	—
266	+ 1,6	120	96	66	1,8
266	− 0,4	122	101	68	1,75
266	− 10,4	133	104	70	1,7

In Fig. 5 sind diese Spannungsverhältnisse graphisch dargestellt. A ist die capillare Wasserröhre; Man. I und Man. II sind die beiden Manometer; Niv. bezeichnet die Punkte, wo sich der capillare Meniscus befindet. Die Röhrenlängen sind als Abscissen, die Spannungen als Ordinaten und zwar beide in $^6/_{10}$ natürlicher Grösse aufgetragen. Die drei obersten Kraftlinien beziehen sich auf Beharrungszustände während des Auspumpens, die übrigen auf solche, welche später beim Stehenlassen eintraten. Nur jene drei sind bis zu den Ordinaten, welche die Niveaudifferenzen ausdrücken, verlängert. — Man ersieht aus der Construction, dass die Neigung der Spannungslinien in der Wasserröhre geringer

ist, als in den Abzugsröhren B und B'. Wären die Röhren gleich weit, so würde sich hieraus ergeben, dass die Niveaudifferenzen der capillaren Wassersäule nicht einmal jene Höhe erreichen, welche nach Maassgabe der Manometerstände sich erwarten liesse.

In Wirklichkeit besteht jedoch diese Gleicheit der Röhrendurchmesser nicht. Die Wasseröhre A hat nach Messungen an 10 ungefähr gleich weit von einander abstehenden Punkten eine mittlere Weite von 0,283 M.M., die Abzugsröhre B (und ebenso B') eine mittlere Weite von 0,216 M.M. Durch erstere strömten unter dem Drucke von 69,5 M.M. Wasser 2,7 Cub.-Cent. Luft per Minute, durch letztere nur 0,91 Cub.-Cent., also dreimal weniger. Wollen wir also die Röhre A in Gedanken durch eine andere gleichwerthige ersetzen, welche mit Rücksicht auf die Neigung der Spannungslinie mit B übereinstimmt, so muss dieselbe die Weite von B und eine Länge von $^1/_3$ AB haben. Dem entsprechend müssen die in bestimmten Punkten von A beobachteten Spannungen (Niveaudifferenzen) auf der eingebildeten Ersatzröhre in $^1/_3$ des Abstandes vom untern Manometer aufgetragen werden. Diess ist in unserer Figur durch punctirte Linien angedeutet. Man sieht jetzt, dass die Niveaudifferenzen in der Röhre A thatsächlich etwas grösser sind, als die Construction der Spannungslinie auf Grund der Manometerstände und der Röhrendurchmesser sie ergeben würde, d. h. die nach den Niveaudifferenzen construirte Kraftlinie der Röhre A ist stärker, geneigt, als die nach rückwärts verlängerte Spannungslinie der Abzugsröhren.

Zu demselben Ergebniss führten auch mehrere andere Beobachtungseihen. Indess ist zu bemerken, dass die nämliche Röhre zuweilen auch das entgegengesetzte Verhalten zeigte und dass überhaupt die Wiederholung der Messungen nach dem Einlassen von Luft und Wiederauspumpen immer etwas abweichende Zahlenverhältnisse ergab. Die

graphische Darstellung der Kraftlinie beweist uns demnach, dass die am Meniscus wirksame Gesammtkraft (lebendige und Spannkraft) der Dämpfe in manchen Fällen nicht ausreicht, um den Stand des Niveau's zu erklären, dass in andern Fällen im Gegentheil das letztere höher steht, als es durch jene Kraft gefordert wird.

Das Nämliche lässt sich noch auf einem andern Wege darthun. Bei einzelnen unserer Versuche sank das Niveau so tief, dass dazu die volle Spannkraft der Wasserdämpfe nicht ausreichte. Ich stelle hier einige solcher Fälle zusammen

Temperatur nach C	10,5°	13,7°	15°	6,25°	3,7°	6,25°
Spannkraft der Dämpfe	137	159	173	96,5	80	96,5
Niveaudifferenz	138	174	197	128	82	105
Röhrenweite	0,184	0,161	0,147	0,198	0,250	0,162

Die Spannkraft der Wasserdämpfe ist in Millimetern Wasserhöhe ausgedrückt. Die Niveaudifferenz giebt die Herabdrückung der capillaren Wassersäule unter die normale Steighöhe an; sie beträgt hier durchgehends mehr als jene Spannkraft. Aus den früher angestellten Versuchen wissen wir, dass die am Meniscus wirklich vorhandene Gesammtkraft kaum über $^3/_4$ der vollen Spannkraft bei der gegebenen Temperatur beträgt.

Bei vielen andern Versuchen, z. Th. mittelst der gleichen Röhren, wo der nämliche tiefe Barometerstand, also auch eine gleich lebhafte Verdunstung erzielt wurde, war die Herabdrückung des Niveau's weniger als $^3/_4$ der vollen Dampfspannung. Ob das Eine oder Andere eintrete, hängt wesentlich von dem langsamern oder raschern Pumpen ab, indem das rasche Pumpen immer einen tiefern Stand herbeiführt. Man möchte nun vermuthen, dass dasselbe eine grössere Spannung der Dämpfe verursache. Diess ist aber nicht der Fall. Die Verdunstungsmenge in der Zeiteinheit bei gleicher Temperatur hängt von dem Barometerstand ab. Nun dauern, wenn in Folge langsamen Pumpens das Niveau langsam sinkt, bis zur Erreichung seines tiefsten Standes die niederen Barometerstände länger an; die Dampfspannung kann grösser werden, und jedenfalls, was wesentlich ist, drücken die höhern Spannungen länger auf den Meniscus. Man sollte also mit Rücksicht auf die Verdunstung gerade das Gegentheil von dem erwarten, was wirklich eintritt. Es kann auch noch

beigefügt werden, dass wenn durch langsames Pumpen der tiefste Barometerstand und ein verhältnissmässig hoher des Niveau's herbeigeiührt wurde, dann rasches Pumpen, welches den Barometerstand nicht mehr zu erniedrigen vermag, auch das Niveau unverändert lässt.

Die beobachteten Thatsachen zeigen also, dass das capillare Niveau in Folge der Verdunstung bald tiefer bald weniger tief sinkt, als es durch die Spannkraft der Dämpfe an seiner Oberfläche erklärt werden kann. Es beweist diess, dass ausser dieser Spannkraft noch andere Ursachen mitwirken. Da es keine äusseren Factoren mehr giebt, die auf die Bewegung Einfluss haben könnten, so müssen sie in der capillaren Wassersäule selbst gesucht werden. Die eine Hälfte der Erscheinungen, wo die Veränderung des Niveaus hinter der Grösse zurückbleibt, welche durch die Dampfspannung bedingt wird, liesse sich durch die geringe Beweglichkeit der Wassersäule in einer Capillarröhre erklären. Es giebt eine ganze Reihe von Thatsachen, welche dieses Beharrungsvermögen darthun, wie schon in der letzten Mittheilung angedeutet wurde. Diess zeigt sich namentlich sehr augenfällig beim Stehenlassen. War z. B. das Niveau bei einem Barometerstande von 1 M.M. auf Null, so bleibt es oft längere Zeit oder fällt sogar in Folge der Verdunstung noch tiefer, obschon das Barometer allmählich auf 2—3 M.M. hinaufgeht und die beiden Manometer auf $^2/_3$ oder $^1/_2$ ihrer ursprünglichen Höhe herabsinken. Das Steigen beginnt erst, wenn die Capillaranziehung ein beträchtliches Uebergewicht erlangt hat, und nicht selten tritt in einem höhern Niveau abermals eine Pause ein.

Die andere Hälfte der Erscheinungen aber, wo nämlich die Veränderungen des capillaren Niveaus grösser sind, als sie die äussern Ursachen verlangen, wo bei den vorhin erörterten Beobachtungen die Herabdrückung über die durch die Dampfspannung bedingte Grösse hinausgeht, verlangt offenbar eine andere Erklärung. Es muss dafür entweder eine Modification der capillaren Kräfte oder überhaupt eine innere Ursache angenommen werden, welche die Wirkungen der Dampfspannung vermehrt.